

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SM.1875-3建议书

(08/2019)

DVB-T覆盖测量和规划标准的验证

SM系列

频谱管理



国际电信联盟

前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电通信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

知识产权政策（IPR）

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/zh>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

ITU-R系列建议书

（也可在线查询<http://www.itu.int/publ/R-REC/zh>）

系列	标题
BO	卫星传送
BR	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
SM	频谱管理
SNG	卫星新闻采集
TF	时间信号和频率标准发射
V	词汇和相关问题

注：本ITU-R建议书英文版已按ITU-R第1号决议规定的程序批准。

电子出版
2020年，日内瓦

© 国际电联 2020

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R SM.1875-3建议书

DVB-T覆盖测量和规划标准的验证

(2010-2013-2014-2019年)

范围

本建议书描述了DVB-T和DVB-T2发射机与网络的覆盖测量方法及其评估。所述的大多数原则也适用于其他数字广播系统，尤其是使用OFDM调制（例如，DAB）的系统。但是，本建议书中使用的示例值仅来源于DVB-T/T2系统。

关键词

测量、覆盖、服务、DVB-T、DVB-T2、监测、覆盖预测

缩写词/词汇表

BER – 比特误码率

C/N – 载噪比

C/I – 载干比，本建议书中也称为保护比

FEC – 前向纠错

DVB-T/T2 – 地面数字视频广播

FX – 固定接收

GE06协议 – 2006年国际电联区域无线电通信大会所制定的一项规划1区（1区位于东经170度以西、南纬40度以北的部分，但蒙古国领土除外）和伊朗伊斯兰共和国174-230 MHz和470-862 MHz频段的数字地面广播业务的区域性协议、其附件及相关规划（2006年，日内瓦）。

LDPC – 低密度奇偶校验码

MFN – 多频网络

PI – 便携式室内接收

PO – 便携式室外接收

QEF – 准无误码

QoS – 服务质量

RF – 射频

SFN – 单频网络

相关的ITU-R建议书和报告

ITU-R BT.419、ITU-R P.1546、ITU-R BT.1735、ITU-R BT.2265和ITU-R P.1812建议书。

ITU-R BT.2254报告。

注 – 在任何情况下，应采用这些当前有效的建议书/报告的最新版本。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) GE06协议规定了DVB-T接收的接收条件，所需信噪比和最小场强值；
- b) 业务监测需测量DVB-T/T2发射机和网络的覆盖范围，以验证是否符合规划过程中使用的覆盖预测，或评估报告存在干扰的位置的接收条件，

认识到

- a) ITU-R BT.2254报告定义了DVB-T2接收的接收条件、所需信噪比和最小场强值；
- b) ITU-R BT.1735建议书所述的方法有助于对数字地面电视广播业务的接收质量进行评估，

建议

附件的附录1、2、3、4所述方法应用于DVB-T/T2覆盖评估，并与覆盖预测进行比较。

注 – 根据DVB-T/T2网络设计、地形和测量目的，本建议附件第3节提供了应采用哪种方法的指南。

附件

目录

页码

1	引言.....	5
2	本建议书使用的术语和定义.....	5
2.1	固定接收天线图.....	5
2.2	天线系数.....	6
2.3	分配区.....	7
2.4	比特误码率.....	7
2.5	单元.....	7
2.6	C/N	7
2.7	覆盖区域.....	8
2.8	服务区域.....	8
2.9	覆盖预测.....	9
2.10	峰值系数.....	9
2.11	保护间隔.....	9

页码

2.12	高度损耗.....	9
2.13	干扰场强.....	9
2.14	中值.....	10
2.15	最小中值场强 (E_{med})	10
2.16	MFN	10
2.17	最小等效信号电平.....	10
2.18	最小有用 (等效) 场强 (E_{min})	10
2.19	网络增益.....	11
2.20	保护比.....	11
2.21	准无误码接收.....	11
2.22	接收场强.....	12
2.23	接收情况.....	12
2.24	接收信道.....	12
2.25	GE06协议	13
2.26	SFN内的自干扰	13
2.27	单频网络.....	14
2.28	标准偏差.....	14
2.29	谱幅的标准偏差 (σ_{sp})	14
2.30	σ_{sp} 校正 (C_{σ})	14
2.31	小区域.....	15
2.32	替代发射机.....	15
2.33	系统变量.....	15
2.34	有用场强.....	16
3	测量方法.....	16
	附录1 – 固定接收覆盖预测的验证.....	18
A1.1	测量位置的选择.....	18
A1.2	必要测量设备.....	19
A1.3	测量程序.....	19
A1.4	结果评估.....	21

A1.5	结果介绍.....	23
A1.6	覆盖范围验证.....	25
附录2	– 验证便携式接收的覆盖预测.....	25
A2.1	测量原则.....	26
A2.2	必要测量设备.....	26
A2.3	测量程序.....	27
A2.4	结果评估.....	29
A2.5	结果介绍.....	30
附录3	– 确定DVB-T/T2发射机和网络覆盖边界的简化方法.....	32
A3.1	引言.....	32
A3.2	测得的信号参数.....	32
A3.3	设备要求.....	32
A3.4	测量规划.....	34
A3.5	测量程序.....	35
A3.6	测量结果的处理.....	36
A3.7	SDN中的测量.....	36
附录4	– 在指定区域用于固定接收测量DVB-T/T2服务覆盖范围的方法.....	40
A4.1	引言.....	40
A4.2	设备要求.....	40
A4.3	测量规划.....	42
A4.4	测量程序.....	43
A4.5	测量处理.....	44
A4.6	测量结果显示.....	44
附录5	– 测量结果的所需修正.....	45
A5.1	接收信道校正 (σ_{sp} 校正)	45
A5.2	位置概率校正.....	45
A5.3	室内覆盖的总校正量.....	46

1 引言

业务监测必须测量广播网络的覆盖范围，目的是：

- 验证用于网络规划的计算机化工具的预测。
- 如广播牌照规定广播业务覆盖某个地区，一个地区的一部分或人口的一部分，验证是否符合牌照发放的条件。
- 评估报告存在干扰的某些位置的接收条件。

由于数字调制系统接收固有的某些情况和原则，数字地面电视网络覆盖的测量方法与模拟网络不同。

本建议书描述了DVB-T/T2发射机和网络的固定和移动覆盖评估的测量原理、程序和必要的设备。它用于监视服务。希望确保其目标覆盖区域内的商用设备可以接收其服务的广播公司可能需要包括其他服务质量标准。

尽管是专门针对DVB-T/T2量身定制的，但本建议书中提供的许多信息对于其他数字地面广播系统也有效。

本建议书不涉及验证发射机技术和网络参数的测量。

2 本建议书使用的术语和定义

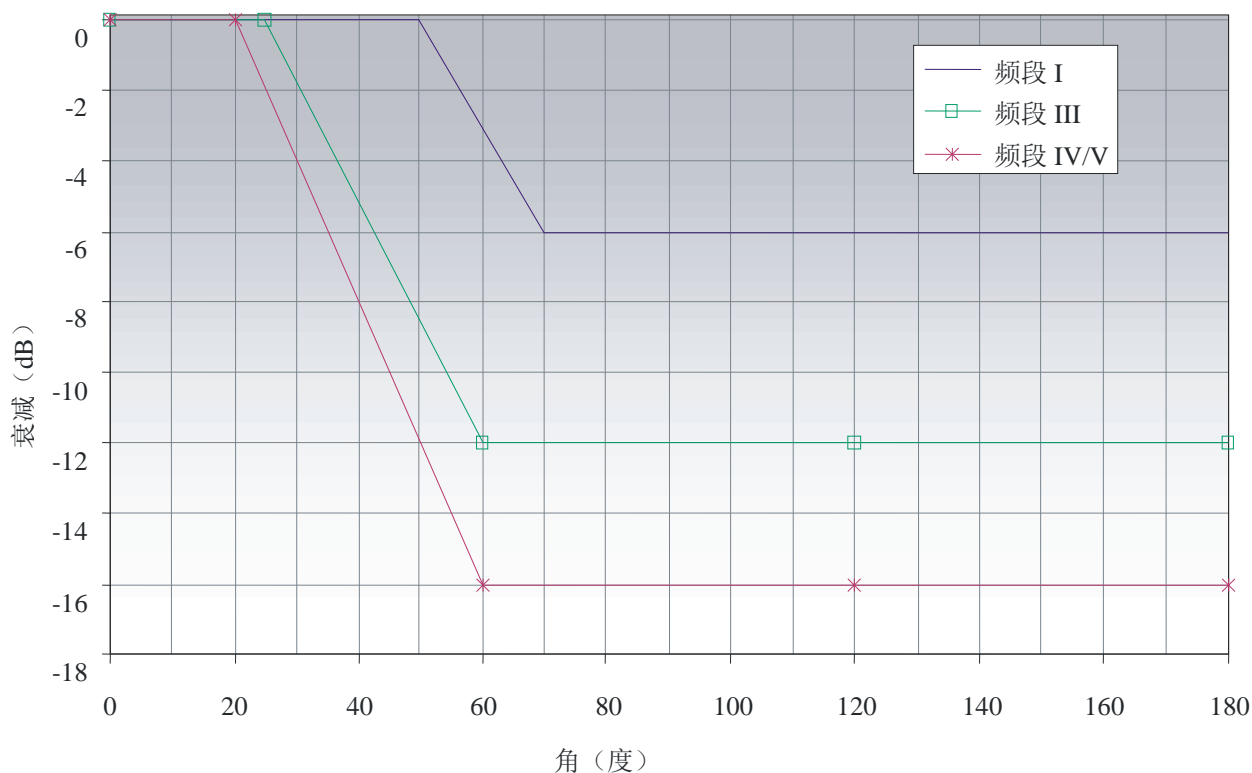
本建议书使用了下列术语和定义。在本建议书中，对众所周知的术语的解释和说明仅涵盖与DVB-T/T2系统相关的问题。

2.1 固定接收天线图

天线图描述了从不同角度接收信号时天线的相对输出电平。ITU-R BT.419建议书定义了用于固定广播接收的标准天线方向性，如图1所示。为了重现自定义安装的实际接收条件，应使用具有相同方向性的测量天线来测量固定覆盖率。

图 1

用于固定广播接收的相对天线方向性



SM.1875-01

应使用全向测量天线来进行移动覆盖率测量。任何方向上的最大相对损耗为 ± 3 dB。

2.2 天线系数

天线系数用来计算天线输出电平产生的场强。由于通常用dB表示，计划公式如下：

$$E = U + K \quad \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$$

其中：

- E : 天线处的电场强 (dB($\mu\text{V}/\text{m}$))
- U : 测量的天线输出电压 (dB(μV))
- K : 天线系数 (dB(l/m))。

根据下列公式，天线系数取决于频率和增益：

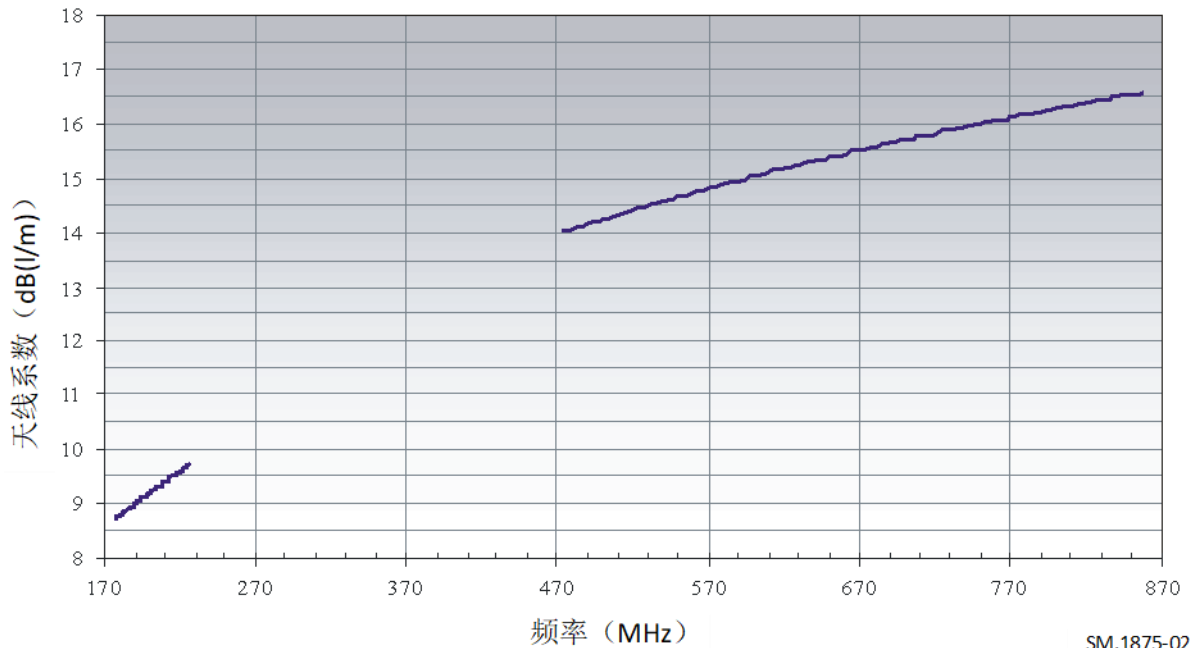
$$K = 20 \text{ Log}(f) - G_i - 29.774 \quad (\text{对于 } 50 \text{ Ohm 系统而言})$$

其中：

- f : 频率 (MHz)
- G_i : 相对于各向同性辐射器的天线增益 (dB)
- K : 天线系数 (dB(l/m))。

图2显示了按照ITU-R BT.419建议书规定用于在主波束方向（与用于测量固定接收的天线方向相同）固定广播接收的标准天线的天线系数。

图 2
用于固定广播接收的天线系数



SM.1875-02

2.3 分配区

分配区是一个或多个发射机的覆盖区，其中发射机功率、天线高度和方向性等与规划过程相关的所有参数都是已知的。分配区受到该区以外干扰源的干扰限制。

2.4 比特误码率

一般而言，比特误码率（BER）是给定时间内的误码数除以所传输的总位数得出的比率，是对数字信号接收质量的测量。由于DVB-T使用内外错误保护，那么在停止发射之后还可以确定Viterbi和里德-所罗门解码器后的BER。

对于DVB-T接收，维特比解码器之后 10^{-4} 的BER足矣。

在DVB-T2中，使用了不同的纠错原理。该系统的相关参数是LDPC（内部）解码器后的BER。LDPC（LBER）为 10^{-7} 后的BER足以实现准无误码DVB-T2接收。

2.5 单元

方格500 m长的正方形网格。根据ITU-R P.1546建议书，在该区域内，场强的标准偏差等于5.5 dB。

2.6 C/N

见保护比。

2.7 覆盖区域

当地面以上特定高度（通常为10 m）特定接收情况的中值场强和保护比达到或超过相关规划文件（如GE06协议用于DVB-T和用于DVB-T2的ITU-R BT.2254报告）所给出的值时，这一地区被视为被DVB-T/T2“覆盖”。

某个地区是否被覆盖是利用覆盖预测工具进行计算的结果，其中假设规定了下列条件和/或值：

- 接收条件（如移动或便携式接收）；
- 由于地形地貌而产生的距离导致的场强损耗；
- 接收机模型（如灵敏度和选择性）；
- 接收天线（高度、增益和方向性）；
- 接收信道（高斯、莱斯或瑞利）。

“覆盖”属性中还附加了一定的时间和位置概率。使用规划工具，针对这一概率（如50%时间和50%位置）计算覆盖区。

因此无法假定在确定被覆盖的区域内的每个位置都可利用标准接收机进行DVB-T/T2接收。

验证标准DVB-T/T2接收机的覆盖率时不能仅检查它在特定位置是否正常工作。相反，最好能在规划工具中假定的同一接收条件下测量场强等技术参数。

就本建议书而言，覆盖的定义类似于国际电联术语和定义数据库中的“标称覆盖”一词。

2.8 服务区域

如在特定位置，标准接收机能在99%的时间内校正（几乎）所有误码，并生成图像，则认为可实现DVB-T/T2接收。在DVB-T网络中，Viterbi解码器之后的BER应低于 2×10^{-4} 。在DVB-T2网络中，LDPC后的BER应低于 10^{-7} 。

成功的DVB-T/T2接收实际所需场强取决于：

- DVB-T/T2系统变量；
- 接收机性能；
- 天线增益；
- 接收信道类型（高斯、莱斯或瑞利）。

通过测量下列参数，验证一般接收概率：

- 中值接收场强；
- 中值干扰场强；
- 接收信道的类型。

通过测量BER可以间接地确定干扰场强或是否存在足够的C/I。

另外，还可进行标准DVB-T/T2接收机的接收测试。从这些测试中获得的经验表明，对于便携式接收，有时需要比相关协议给出的中值场强更高的场强。

在本建议书中，国际电联术语和定义数据库中定义的服务区域对应于满足上述可能接收条件的区域。

2.9 覆盖预测

覆盖预测是计算可实现业务信号接收的地理区域的程序。基于发射机参数、地形和传播模式，并通过计算机工具完成。所得结果代表了确定的位置和时间概率。

在GE06协议和ITU-R BT.2254报告中，在覆盖区边界达到的DVB-T/T2的最小场强值在地面以上10 m的高度有效，并根据图1和图2假定利用定向天线进行固定接收。这些场强值是最小等效场强值的中值，取决于系统变量和接收信道。

2.10 峰值系数

峰值系数是射频发射峰值和r.m.s.电平值之间的比率。通常用dB表示，代表了峰值和r.m.s.电平值（dB）之间的差异。

2.11 保护间隔

为了利用接收机在不同时间接收到的来自同信道传输和反射的所有输入信号分量，并防止随后两个符号之间的干扰，每个符号的传输时间比解码信号所需的时间长。额外的时间被称为保护间隔。接收机内的实际解码过程可在保护间隔之后启动，保护间隔的长度取决于系统变量和单频网络（SFN）内相邻发射机之间的最大距离。

2.12 高度损耗

这是地面以上10 m（DVB-T/T2规划的参考）和更接近地面（如，对于便携式接收，1.5 m）的天线处接收场强之间的场强差，是统计值。

2.13 干扰场强

干扰场强是由所研究的SFN或发射机以外的同频发射机信号、相邻信道发射机信号和在保护间隔（自我干扰）外接收到的所研究的SFN的发射机信号产生的，是由从干扰源直接接收到的信号分量和现场障碍物产生的反射矢量相加形成的，随接收机位置的不同而有所不同，而由于反射体可能并不是静止的，因而也随时间的改变而改变。因此，特定区域内的实际干扰场强只能从统计学上用中值和标准偏差来描述。

实际测量干扰场强非常困难，当其电平值远远低于有用信号电平且从同一方向接收干扰源和有用发射机信号时尤为如此。改善干扰场强测量条件的可能方法包括：

- 使用高指向性的测量天线，通过改变方位角来区分有用和干扰信号。
- 测量从与干扰发射机相同位置发射的不同频率的信号。在这种情况下，可能需对频率差异产生的不同衰减损耗和测量频率上不同的发射机功率进行校正。
- 在测量过程中关闭有用发射机或SFN。

或者，可以在可能进行同步的接收点进行BER的测量，作为对有用场强和干扰场强（ C/I ）之比的间接评估。

当干扰信号低于有用场强超过30 dB时，其对有用发射机或SFN接收的影响可忽略不计。

2.14 中值

中值是从许多样品（如一系列测量的场强）中计算的，从而所有样本的50%超过中值，而另外50%低于中值。中值是一个统计值，说明了50%的置信度或概率。

示例：在某个区域内的100个位置测量的场强。所有测量值的中值为42 dB($\mu\text{V}/\text{m}$)。这表示，在此区域内任何位置的实际场强至少为42 dB($\mu\text{V}/\text{m}$)的概率为50%。

从统计学上，确定场强时使用中值的优势在于单个值远远没有平均值或中位对结果的影响大。

2.15 最小中值场强 (E_{med})

这是基于接收区域内一定比例位置上的计算结果的中值场强。诸如用于DVB-T的GE06协议和用于DVB-T2的ITU-R BT.2254报告的相关规划文件给出了地面上10 m高度和50%位置概率的最小中值场强值。针对每个系统变量给出了该值。

如未经校正，这些值仅代表固定接收的情况。对于便携式接收，应对不同天线高度、天线增益、所需的位置和时间概率水平以及建筑物穿透损耗（如适用）应用校正因子。

网络规划确保根据辐射的发射机功率、发射机天线高度和地形地势，至少从理论上使整个覆盖区域满足最小有用场强。

2.16 MFN

MFN是多频网络的缩写。这是在覆盖区域内每个发射机在不同频率上工作的网络。

2.17 最小等效信号电平

在接收机输入端解码有用信号所需的最小电平是基于系统的最小信噪比（ S/N ）加接收机噪声系数。最小 S/N 使接收机在解码信号时实现准无误码（QEF）。这取决于系统变量和接收信道。接收机噪声系数假定一定的接收机性能，对于标准DVB-T/T2接收机，这一系数设为6-7 dB。

2.18 最小有用（等效）场强 (E_{min})

在不存在任何干扰信号的情况下，这是标准接收机解码信号QEF所需的单个有用信号的最小场强，是接收机输入端的最小等效信号电平加天线系数，对特定接收位置（即无需位置和时间概率校正）有效。

2.19 网络增益

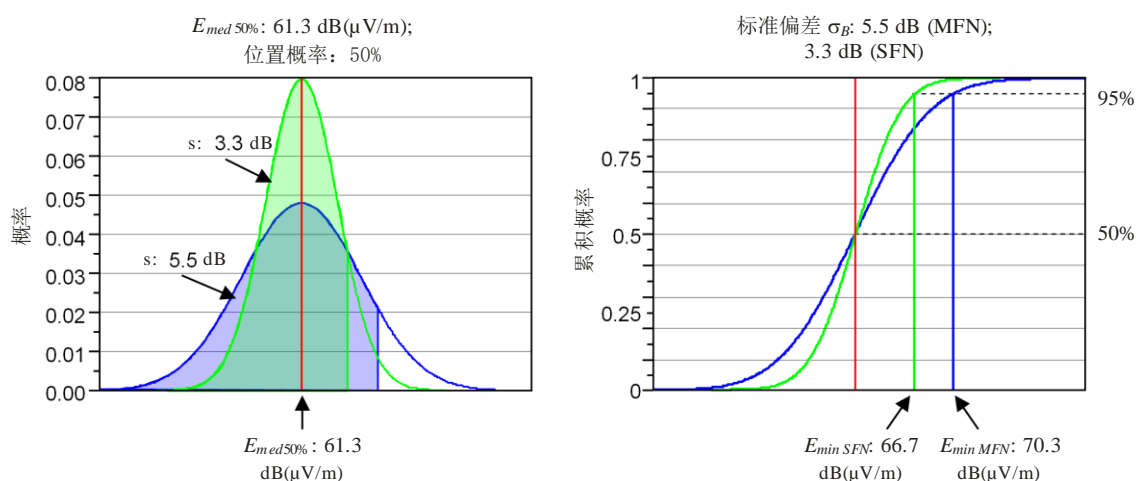
如在保护间隔内能接收到SFN内多个有用发射机发射的信号，就可提高接收质量，且每个发射机的最小有用场强降低。但网络增益并不是所有可接收到的发射机有用场强的叠加。而只是增加了从其他方向接收到比只从单个发射机接收到的更好的信号的概率。

网络增益是SFN和MFN内同一位置概率所需的接收场强的差异。

在SFN内，发射机数量的增加能使覆盖区域内场强的分布更均匀。场强值的标准偏差 σ 更低。

示例：根据国际协议，某系统变量的最小中值场强 E_{med} 为61.3 dB(μ V/m)。根据定义，这适用于50%的位置概率。在SFN中，95%的位置概率的最小有用场强 E_{min} 为66.7 dB(μ V/m)，而在MFN中为70.3 dB(μ V/m)。那么网络增益为3.6 dB（见图3）。

图3
网络增益



SM.1875-03

2.20 保护比

保护比 (C/I) 是有用信号电平和所有无用信号总电平之差，单位为dB。对于DVB-T，GE06协议给出了所需的保护比。对于DVB-T2，它们在ITU-R BT.2254报告中给出。这些保护比取决于系统变量。

如不存在干扰信号，则唯一的“干扰源”是噪声，那么 C/I 与载噪比 (C/N) 相同。

2.21 准无误码接收

正如在许多涉及FEC的数字系统中，准无误码接收是指每小时只出现一个未校正误码的点。对于DVB-T系统，相应的BER为：

- 里德-所罗门解码器后为 $1 * 10^{-11}$ ；
- Viterbi解码器后为 $2 * 10^{-4}$ 。

对于DVB-T2，LDPC之后的对应BER为 10^{-7} 。

在GE06协议等国际协议中，经常使用这些值。

2.22 接收场强

接收场强是由从干扰源直接接收到的信号分量和现场障碍物反射的矢量相加形成的。随接收机位置的不同而有所不同，而由于反射体可能并不是静止的，因而也随时间的改变而改变。因此，特定区域内的实际接收场强只能从统计学上用中值和标准偏差来描述。

2.23 接收情况

确定了下列接收情况：

- 固定接收（FX）
- 便携式室外接收（PO或“便携式A类”）
- 便携式室内接收（PI或“便携式B类”）
- 移动接收（MO）。

表1列出了用于这些接收情况的一些主要特性和参数。

表1

DVB-T/T2接收情况和参数

	FX	PO	PI	MO
接收位置	建筑物外	建筑物外	建筑物内	车顶，移动
天线，增益	定向 7 ... 12 dBi	全向 -2.2 ... 0 dBi	全向 -2.2 ... 0 dBi	全向 -2.2 ... 0 dBi
天线高度	地面以上10 m ⁽¹⁾	地面以上最低 1.5 m	一层以上1.5 m	地面以上1.5 m
极化	水平/垂直	无极化解耦	无极化解耦	无极化解耦
电缆损耗	2 ... 5 dB	0 dB	0 dB	0 dB
建筑物穿透损耗	0 dB	0 dB	VHF: 9 dB UHF: 8 dB 标准偏差: VHF 3 dB UHF 5.5 dB	0 dB

⁽¹⁾ 规划工具始终将天线高度假定为高于地面10 m，以进行固定接收。为了对平均屋顶高度高于10米的位置的接收概率进行实际评估，还可以在平均屋顶高度以上1.5 m处进行测量。

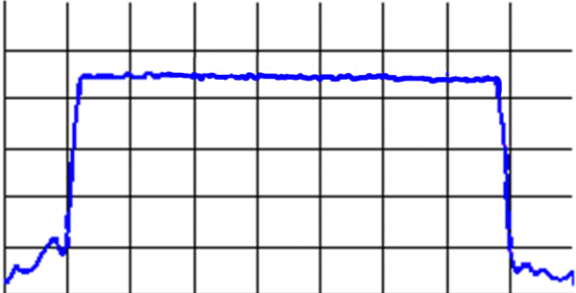
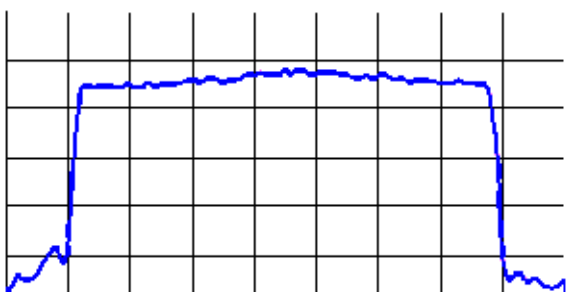
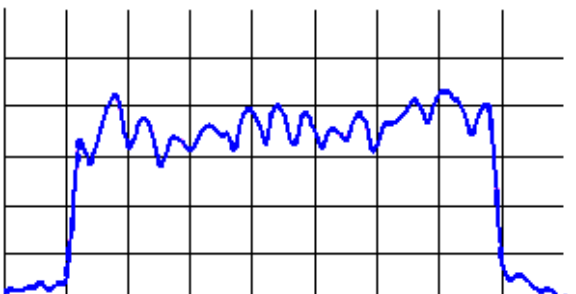
2.24 接收信道

由于反射、遮蔽和从SFN中多个发射机接收信号，接收信号谱可能会劣化。劣化的顺序决定了接收信道，如表2所示。

谱幅的标准偏差 σ_{sp} 对解码DVB-T/T2信号所需的接收机最小输入电平产生影响。

表2

DVB-T/T2接收信道

<p>高斯信道: 只接收视距内发射机的直射信号。不接收反射和同信道发射。因此，OFDM 频谱是长方形的。信道带宽上谱幅标准偏差 σ_{sp} 介于 0 和 1 dB 之间。</p>	
<p>莱斯信道: 除直射信号外，还接收若干较小的同信道信号和反射。OFDM 频谱显示频率上的幅度略有不同。信道带宽上谱幅标准偏差 σ_{sp} 介于 1 和 3 dB 之间。</p>	
<p>瑞利信道: 所接收的信号只包括反射和从各同信道发射机接收到的信号分量。不接收主导性的直射信号。OFDM 频谱严重变形。信道带宽上谱幅标准偏差 σ_{sp} 高于 3 dB。</p>	

在测量DVB-T/T2场强时，必须确定接收信道的类型，原因是根据规划标准所需的最小场强取决于接收信道。瑞利信道要求的场强最高，高斯信道最低。

经验表明，绝大多数的实际接收情况均利用莱斯和瑞利信道。高斯信道非常罕见。

2.25 GE06协议

2006年区域性无线电通信大会起草的区域性协议及其附件以及相关规划用于1区（位于东经170°以西和南纬40°以北的1区部分领土，蒙古国的领土除外）和伊朗伊斯兰共和国174-230 MHz和470-862 MHz频段数字地面广播业务规划（2006年，日内瓦）（GE06协议）。

2.26 SFN内的自干扰

在这种情况下，SFN内的自干扰是直接接收的信号分量和在保护间隔外接收到的下列信号共同作用导致的接收信号失真：

- 同一发射机信号的反射；
- 在同一频率运行同属同一SFN的其他发射机的信号。

2.27 单频网络

SFN由两个或多个时间同步、传送相同节目内容的发射机组成。网络规划必须确保在SFN覆盖区域内的所有接收位置，SFN内所有可接收的发射机的信号在保护间隔内到达接收机。这通过选择系统变量和SFN内任意两个相邻发射机之间的最大距离实现。

2.28 标准偏差

标准偏差是一系列样本方差的指标。是从算术平均数中得到的所有样本的平均偏差，可按下列方式计算：

算术平均数：
$$\mu = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

标准偏差：
$$\sigma = \sqrt{\frac{(P_1 - \mu)^2 + (P_2 - \mu)^2 + \dots + (P_n - \mu)^2}{n - 1}}$$

其中：

$P_1 \dots P_n$ ： 样本值。

2.29 谱幅的标准偏差 (σ_{sp})

实验性地规定，以对数单位 (dB(μ V)或dBm) 衡量的谱幅标准偏差水平 (参见第2.27节) 与第2.24节接收信道给定的 σ_{sp} 值相一致。

2.30 σ_{sp} 校正 ($C\sigma$)

在GE06协议和ITU-R BT.2254报告等相关国际文件中给出的必要 C/N 取决于接收信道：瑞利信道要求高 C/N ，莱斯信道要求中等 C/N ，高斯信道要求的 C/N 最低。确定接收信道的典型值是整个DVB-T/T2带宽上谱幅的标准偏差 (σ_{sp})。在国际文件中，假设 σ_{sp} 的值如下：

表3

谱幅的标准偏差 (σ_{sp})

接收信道	σ_{sp}
高斯	$\sigma_{sp} \leq 1 \text{ dB}$
莱斯	$1 \text{ dB} < \sigma_{sp} < 3 \text{ dB}$
瑞利	$\sigma_{sp} \geq 3 \text{ dB}$

在实际测量点的 σ_{sp} 的真值通常都与这些极端值不同，通常介于1和5 dB之间。为了将测量的场强与国际文件进行比较，必需确定每次测量的接收信道和 σ_{sp} 。根据下列公式，从每个测得的值减去校正值 C ：

$$C_{\sigma} = \frac{C/N_{Rayleigh} - C/N_{Gauss}}{2} \cdot (\sigma_{sp} - 3)$$

其中， $C/N_{Rayleigh}$ 和 C/N_{Gauss} 是针对所使用的系统变量从相关国际文件（如GE06协议）中摘取的。这一过程称为 σ_{sp} 校正。

此公式确定了高斯/莱斯（1 dB）和莱斯/瑞利信道（3 dB）边界的 σ_{sp} 值之间和超出该值范围的线性差值。根据接收信道， C_{σ} 的值亦可为负值。

附录2中的图表显示了 σ_{sp} 校正的一些示例。

2.31 小区域

“小区域”是假定场强和接收情况相等的大约100 m×100 m的区域。它用于将在特定位置进行的测量转换为对区域内部情况的评估。在小区域内的一个或多个位置进行场强、接收信道和BER的测量。如果在多个位置进行测量，则将计算中值。假定结果对于整个小区域都是有效的。

2.32 替代发射机

这是与待测发射机在同一位置、但在不同频率运行的发射机。当原始发射机尚未安装或原始发射机的信号受到其他无用信号的严重干扰时，可使用替代发射机。如没有替代发射机，可使用仅为测量安装的测试发射机。

2.33 系统变量

可根据网络规划的需要调整DVB-T/T2系统的若干参数。选定的参数决定系统变量。主要的可变参数如下表所示：

表4

定义DVB-T/T2系统变量的主要参数

参数	DVB-T	DVB-T2
射频带宽	7 MHz, 8 MHz	1.7 MHz, 5.0 MHz, 6.0 MHz, 7.0 MHz, 8.0 MHz
副载波数	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
副载波调制	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM
代码率	1/2, 2/3, 3/4	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
保护间隔	1/8, 1/4	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4
星座图旋转	不旋转	旋转

2.34 有用场强

这是在任何接收位置接收到的有用发射机或网络的总场强。如比较测得的SFN场强值与所需场强值，网络增益可增加有用场强。

3 测量方法

以下附录描述了测量和评估DVB-T/T2服务覆盖的不同方法。

附录1描述了一种验证固定接收的预测覆盖区域的方法。它基于以下原理：实际测量仅在某些测试区域内进行。测试区域安排在位于预期覆盖边界的村庄或城市。通过评估在测试区域内多个位置进行的场强测量，可以将实际覆盖情况与预测覆盖区域进行比较。如果测得的覆盖范围在测试区域中达到或超过预测，则可以假定DVB-T/T2发射机或网络的整个服务区域都是这种情况。

附录2描述了一种验证便携式接收的预测覆盖区域的方法。它基于以下原理：沿着某些测试区域内的大多数道路行驶时，会采集大量场强样本。测试区域安排在位于预期覆盖边界的村庄或城市。在进行了几次校正之后（例如，对于接收路径以及便携式接收是移动测量的事实），将超过最小所需场强的测得场强样本的百分比与测试区域内预计的覆盖率进行比较。如果测得的覆盖范围在测试区域中达到或超过预测，则可以假定DVB-T/T2发射机或网络的整个服务区域都是这种情况。

附录3描述了确定用于固定接收的DVB-T/T2发射机或网络的覆盖边界的简化方法。它基于以下原理：即在沿远离或朝向发射机的路线的多个位置进行场强测量。计算出的场强曲线与距离最匹配测量结果。根据规划标准，该场强曲线达到最小所需场强的距离决定了DVB-T/T2发射机或网络的覆盖边界。当覆盖预测可用时，此方法最有效，因为只能在预测的覆盖边界周围选择测量点。但是，原则上，如果没有覆盖区域的先验知识，它也将起作用。

附录4描述了一种验证特定关注领域实际覆盖的方法。例如，这些区域可以是传播模型不可靠的具有不均匀地形的区域，或者是已经报告了DVB-T/T2接收问题的定居点。它基于这样的原理：即在位于感兴趣的区域上方的测量网格上的许多小区域中进行场强和BER测量。如果达到或超过最小所需场强，并且相关BER足够低，则认为小区域被覆盖。如果此方法用于调查已报告干扰的区域，则不需要了解覆盖预测。

在固定接收的情况下，对于所有可能的测量条件，没有一种覆盖测量方法是最优的。根据DVB-T/T2网络（SFN或MFN）的类型、覆盖区域的大小、地形、是否存在外部和内部干扰以及测量的目的，以及附录1中的一种方法，与其他两种方法相比，附录3、4可以被认为更适合于DVB-T/T2覆盖测量和与覆盖预测的比较。下表包含关于不同测量方法适用性的指导信息。

表5

固定接收测量方法的比较

主题/问题	附录1中的方法	附录3中的方法	附录4中的方法
覆盖预测可用吗?	必要的	不需要, 但可以大大简化测量	并非总是必要, 取决于测量目的
适用于SFS	是	基本上是, 但是测量工作随着SFN中发射机数量的增加而增加	是
测量工作量	高精度, 取决于测试区域的数量	低, 尤其是在覆盖预测可用的情况下	高
覆盖区域地形	任何	最好是平的	任何

必须考虑与推荐的测量方法相关的以下问题。

- a) 附录1和附录2中的方法可能无法正确评估自干扰接收的劣化, 因为有用和无用的场强之间的分离并不总是可能的。附录4中的方法通过评估BER间接测量干扰场强。如果在具有足够有用场强的位置无法接收或BER太高, 则只能是由于外部或自干扰的干扰信号。
- b) 根据方法1和方法2中测得的场强分布计算的SFN中的网络增益可能不同于规划工具假设的网络增益。
- c) BER测量本质上取决于所使用的DVB-T/T2接收机, 尤其是其噪声系数。为了使这种影响最小化, 必须采取措施使规划中的最大接收机总噪声系数达到6-7 dB。例如, 这可以通过在测量接收机的前面插入一个外部低噪声放大器来完成。
- d) 规划工具不会预测测量点上有用信号的反射, 而是将其包括在测量结果中。它们的影响可能是相消的, 具体取决于相对于直接信号或其他反射的延迟。

由于上述原因, 尽管可以将预测视为现实, 但在某些接收点或区域测得的覆盖范围的结果可能与预测的覆盖范围有所不同。

附录1

固定接收覆盖预测的验证

A1.1 测量位置的选择

为了准确验证真实的覆盖区域，必须在该区域内的所有位置进行测量。为了使测量量保持在实际水平，测量限制在靠近DVB-T/T2发射机或SFN网络的预测覆盖区域边界的一定数量的测试区域内。推测试区域内测得的覆盖范围，以验证整个网络的预测覆盖。为了获得所需的推测精度，测试区域的数量应足够。

试验区域最好安排在：

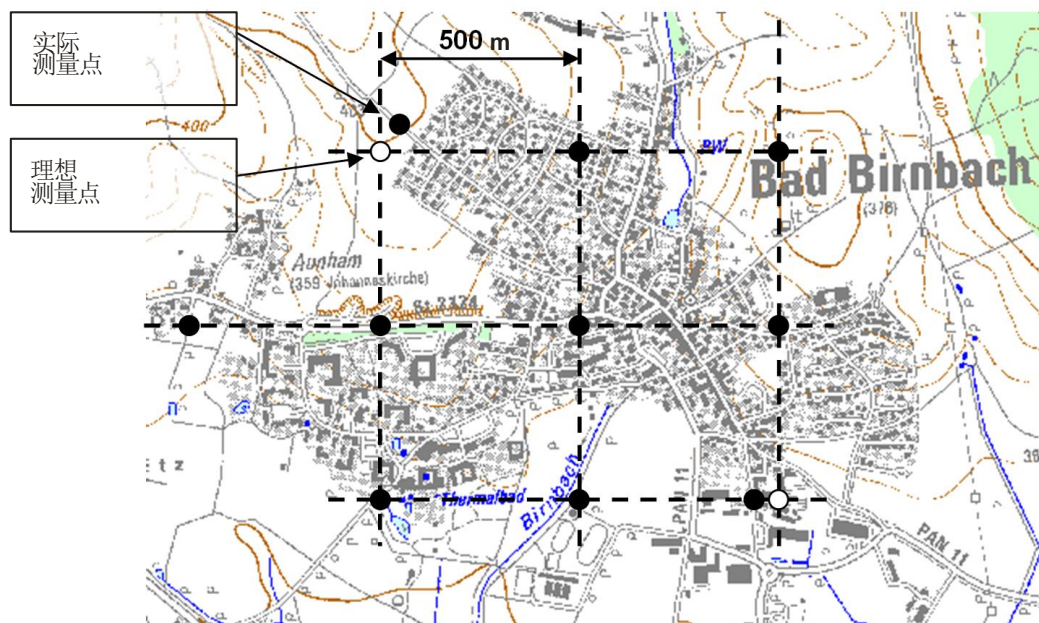
- 在预测覆盖区域的边界；
- 在人口密度高的地区，排除不需要接收的地区；
- 在不同地形的地区（丘陵和平地）；
- 从DVB-T/T2发射机或网络的不同方向。

选定测试区域的数量取决于：

- 规划的覆盖区域内和周围地形的差异；
- 覆盖率评估所需的准确性；
- 最大可行测量量。

为了找到实际测量位置，在每个测试区域上放置边长为500 m的正方形或三角形网格（见图4）。

图4
测量点（固定接收）



有时由于建筑物、不存在道路或其他问题，无法使用理想的测量点。在这种情况下，必须就近选择可使用的测量点，最好在理想测量点周围50 m的距离内。如有可能，实际的测量点不应受到高于10 m的建筑物的阻挡。如无法实现（特别是在大城市），且已在该区域超过30个其他位置进行测量，就可舍弃这一测量点。否则，就必须在距理想测量点的距离和无障碍接收之间选择最好的折中办法。其结果可能是无法覆盖测量点，但这种情况反映了用户也会经历的事实。

A1.2 必要测量设备

对于固定DVB-T/T2接收规划参数的评估，需要下列设备：

表6

验证固定DVB-T/T2接收所需的设备

	设备类型	所需功能，备注
一般设置	测量车辆	可升至地面以上 10 m 的可旋转的天线杆，定位系统（如 GPS）
接收机	频谱分析仪	计算机数据接口（如 LAN、IEEE488.2） 信道功率测量能力 检样器 首选功能：r.m.s.检测器
天线	对数周期（LogPer） 或八木（Yagi）天线	安装在测量车的桅杆上 必须可实现水平和垂直极化 天线系数必须已知（校准）
测量控制	计算机程序	存储从频谱分析仪获得的跟踪数据 存储信道功率测量结果 存储从定位系统获得的数据 首选功能：自动调整分析仪，并进行测量

A1.3 测量程序

A1.3.1 有用信号

在所有测量点，SFN中对覆盖产生影响的所有有用发射机的场强都得到测量。测量通过地面以上10 m高度并转向有用发射机（在SFN中对每个有用发射机分别进行测量）实际方向的定向测量天线进行。测量天线的极化必须与发射机使用的相同。在混合极化的SFN中，水平和垂直位置的有用场强必须分开测量。使用较大的结果。

将定向天线旋转360°，测量有用场强的最大值。必须记录提供最高有用场强的有用发射机的实际方向和测得的最大有用场强的方向。

A1.3.2 无用信号

如无用同道或邻近信道发射机产生相当大的干扰，还需使用上述相同的程序测量干扰场强。如无法区分有用和无用发射机信号，或有用发射机的信号太强，则在测量过程中可能须关闭有用发射机，或使用替代发射机。

如从一个以上发射机接收到大量干扰信号，则须利用测量天线的指向性对每个发射机发射的最强干扰信号的干扰电平进行单独测量，并对每个有用和无用信号组合的结果进行单独评估。只有所有组合均通过评估程序，才能证实该测量点被覆盖。

如能使用DVB-T/T2测量接收机，而发出所接收信号的发射机不是同一SFN的发射机，小区识别码（cell-ID）的读出数据有助于确定该发射机。

测量本身最好通过频谱分析仪进行，使用下列设置：

- 测量模式：信道功率
- 信道带宽：7 MHz或8 MHz
- 分辨率带宽（RBW）：30 kHz或自动（不高于100 kHz）
- 检测器：r.m.s.或样本
- 跟踪模式：ClearWrite
- 扫描时间：0.5 ... 1 s
- 单位：dB(μ V) 或 dBm。

在至少1分钟的测量时间内，必须进行60次测量（样本），将测量的中值作为最终结果存储。这一程序尽量减少了EMC干扰的影响。

由于对于高斯、莱斯和瑞利信道，DVB-T/T2的最小场强值各不相同，因此在每个测量位置都必须确定接收信道。利用较小的RBW记录信号频谱的迹线并计算所得谱密度的标准偏差 σ_{sp} 来确定接收信道。

通过以下频谱分析仪设置进行测量：

- 频率跨度（Span）：6.5 MHz（7 MHz信道）或7.6 MHz（8 MHz信道）
- RBW：30 kHz
- 检测器：r.m.s.（首选）或样本（如没有r.m.s.）
- 跟踪模式：ClearWrite（如使用r.m.s.检测器），平均扫描超过200次（如使用检样器）
- 扫描时间：2 s（如使用r.m.s.检测器），10 ms（如使用检样器）
- 单位：dB(μ V)或dBm。

需减慢扫描时间（或延长平均时间），以确保所得到的频谱电平不会受到信号调制的影响。

必须分别确定每次场强测量的接收信道。

基于所测得的有用场强和接收信道，根据表7，距下一个测量点的距离可能有所不同。

表7
相邻测量点之间的距离

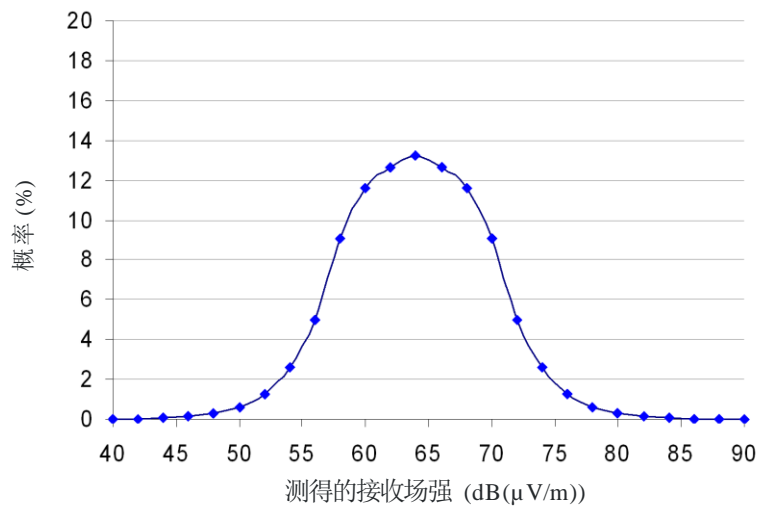
接收信道	测得的有用场强 (dB)	距下一个测量点的距离 (m)
高斯或莱斯	$e \geq E_{med} + 10$	1 000
高斯或莱斯	$e < E_{med} + 10$	500 (标准)
瑞利	(任意)	250

A1.4 结果评估

A1.4.1 验证均匀的场强分布

为了验证测量区域内的场强是均匀分布的，以及根据接收信道已提取了足够的测量样本，可绘制测得的场强值的统计分布图，如图5所示。分布图显示了具有一定场强值的测量样本（Y轴）与该值（X轴）的百分比。

图5
接收场强分布（固定接收）



SM.1875-05

在示例中，测得的所有接收场强值中有13%为64 dB(μV/m)。该曲线相对狭窄，为高斯曲线。在这种情况下，可认为测量区域内的场强分布相对均匀。如曲线扁平、宽阔或不似高斯分布，则场强分布杂乱并受到干扰。在这种情况下，需使用250 m的网格进行进一步测量。

必须强调，本节给定的场强分布要求只能用于距离发射台站足够远且范围形状接近正方形或圆形的研究区域。在其他情况下，可能无法满足此要求。

A1.4.2 接收信道校正

如第2.24节如述，GE06协议用于DVB-T等国际协议中显示根据接收信道 C/N 和/或最小所需场强有所不同。这些接收信道被理想化了，如假设瑞利信道的标准偏差 σ_{sp} 为3 dB。通常所接收到的信号来自不同接收信道。为了将这些信号的场强恰当地结合起来，根据第2.29节和附录2（ σ_{sp} -校正）给所有测量值增加一个校正值得（ C_σ ）。这按照3 dB的 σ_{sp} 对所有测得的场强值进行了规范。在国际协议中这一结果仅与 C/N 和/或瑞利信道的最小中值场强值进行比较。

A1.4.3 干扰信号时间概率的校正

如受到较强的干扰，则将随机时间测量的干扰场强值的时间概率视为50%。为了确保在传播条件改变的情况下，干扰场强不会明显高于测得的值，测量值必须按照99%的时间概率进行校正。可使用ITU-R P.1546建议书确定所需的校正值得。

A1.4.4 决定是否覆盖一个测量点

应分别对每个测量位置测量的 σ_{sp} -校正结果进行评估。下列是可能出现的情况，且必须加以区分：

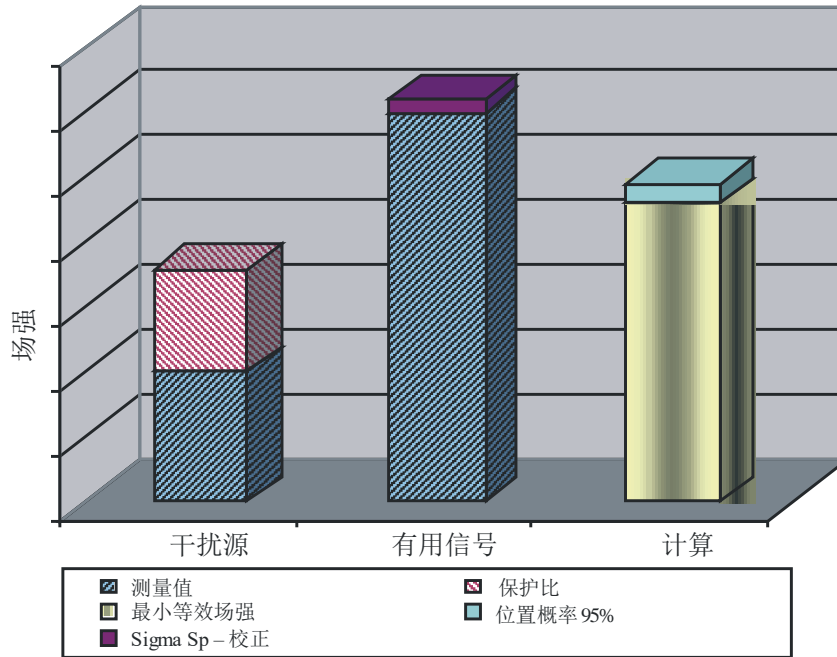
- a) 最大有用场强来自有用发射机方向，最大无用发射来自干扰发射机方向。
- b) 最大有用场强来自有用发射机方向，最大无用发射来自干扰发射机的反射。
- c) 最大有用场强来自有用发射机的反射，最大无用发射来自干扰发射机方向。
- d) 最大有用场强来自有用发射机的反射，最大无用发射来自干扰发射机的反射。

要确定是否有可能成功接收业务信号，并保持足够的置信度水平，必须比较以下三个部分：

- 测得的干扰场强和业务所需的保护比之和。
- 测得的有用场强，包括 σ_{sp} -校正。
- 最小有用场强（ E_{min} ）与根据附录2所需位置概率的校正值得（ C_1 ）之和。

这三个部分在图 6中以三个块状图表示。

图 6
测量评估（固定接收）



SM.1875-06

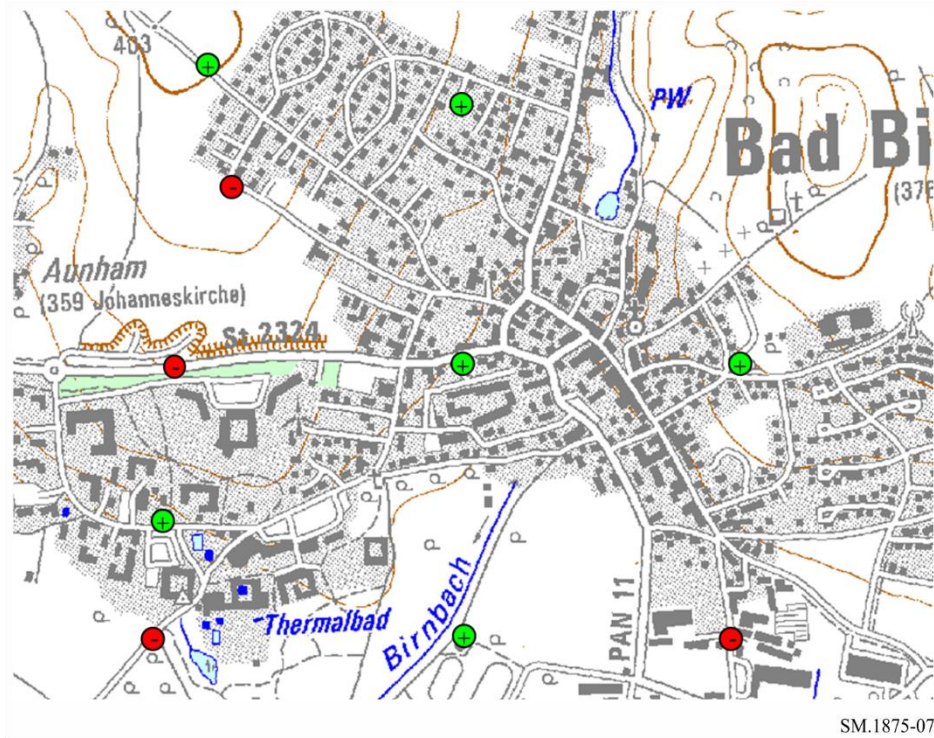
如有用信号块超过其他两个块状图，对于上文a)和b)两种情况，可能实现概率为95%的固定接收。在对其他时间概率进行覆盖评估的情况，从50至95%的校正必须替换为所需概率的等效值。

对于c)和d)的情况，仍无法保证在任何时间都可成功接收。因此必须在晚些时候和/或（略有）不同的测量位置重复测量，以提高结果的置信度水平，或确定一个特定点被覆盖的长期时间概率。必须分别对每次在这一特定位置测量的结果进行评估。如测量结果用于确保所有时间的长期接收，c)和d)情况的测量点就被视为未被覆盖。在其他情况下可能记录到特定位置仅在特定时间被覆盖的情况。

A1.5 结果介绍

清晰显示结果的一种方法是绘制地图，如图7所示。其中，可能实现接收的测量位置显示为绿（亮）点，而无法实现接收的测量点显示为红（暗）色。另外，在原有的一些测量位置之间，插入了大致按照250 m网格选择的额外的点（亦见图4）。

图7
测量结果（固定接收）

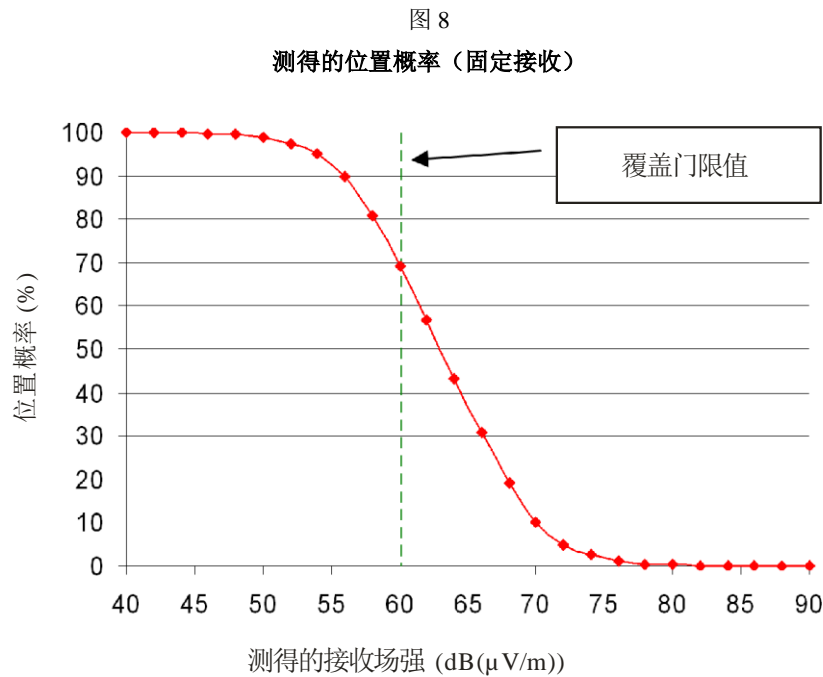


只要进行了充分测量，亦有可能确定测量区域内可能实现业务信号接收的位置概率。绘制超过一定场强值并经 σ_{sp} -校正的测量值与该场强值的百分比，即可确定这一位置概率。见图8示例。

覆盖门限值是下列两个值中的较大值：

- 测得的干扰场强加业务所需保护比之和（这是图6中的“干扰源”块状图）；
- 最小有用场强（ E_{min} ）与根据附录2所需位置概率的校正值（ C_1 ）之和（这是图6“计算”块状图）。

在图8的示例中，覆盖门限值为60 dB(μ V/m)，测量样本的70%都达到或超过该值。这表示在测量区域内70%的位置上可能实现接收，或换言之，测量区域覆盖概率为70%。



A1.6 覆盖范围验证

测量覆盖范围和规划覆盖范围的比较如下：

- 1 根据计划工具 A_p 计算每个测试区域的覆盖率。
- 2 计算原始测量网格（见图4）中已被测量为覆盖的每个测试区域的小区域百分比（ A_c =图7中的绿点相对于测量网格中的小区域总数）。
- 3 比较每个测试区域的 A_p 和 A_c 。如果 $A_c \geq A_p$ ，则相应的测试区域至少要覆盖规划所预测的范围。

如果假设试验区域的数量足够，且其位置被视为代表要授予覆盖范围的地形，并且如果大多数试验区域达到或超过规划覆盖百分比，假设DVB-T/T2台站或网络的总覆盖区域至少与规划覆盖区域一样大。

附录2

验证便携式接收的覆盖预测

A2.1 测量原则

要准确验证实际的覆盖范围，必须在该区域内的几乎所有位置进行测量。为了将测量数量控制在实际可操作的水平上，必须限制其数量。

便携式接收通常界定在地面以上1.5 m的高度上。由于与地面如此接近，发射机发送的直射信号非常罕见，在城市环境中尤为如此。大部分接收信道为瑞利信道。因此有必要进行移动测量，以便收集足够的测量样本，得到统计上的相关结果。

必须注意，对于便携式接收和移动接收的要求不同。由于此处所说的测量方法仅侧重于场强值，尽管测量本身是移动的，还是有可能得出有关便携式接收的结论。

对于DVB-T，相关文件（如GE06协议）仅规定了地面以上10 m高度的最小中值场强。为了计算1.5 m高的便携式接收所需场强，必须应用几个校正值。这些值根据附录5计算。

示例：

GE06协议规定便携式室外接收的最小等效场强（ E_{min} ）为47.3 dB(μ V/m)，在TV24频道上谱幅分布的标准偏差 $\sigma_{sp} = 3$ 。该值没有任何余量，表示成功接收的最低场强。为了计算便携式室内接收的所需场强，必须增加建筑物穿透损耗和建筑物内不同位置概率的校正值。举例说明，对于位置概率为70%的便携式室内接收，增加10.9 dB（见附录5），从而最小终值场强为58.2 dB(μ V/m)。

对于DVB-T2，ITU-R BT.2254报告还规定了一个示例系统变量的便携式室外接收（室内和室外）的最小中值场强（ E_{med} ）。可通过交换C/I值来计算其他系统变量的相应数字。

沿预测覆盖区域外缘（或边界）相当于村庄或城市的测量区域内的大部分道路上行驶进行测量。所得结果可直接与算得的便携式接收的最小中值场强进行比较。

A2.2 必要测量设备

为了验证便携式DVB-T/T2对覆盖预测，需要下列设备：

表8

验证DVB-T/T2 接收所需的设备

	设备类型	所需功能，备注
一般设备	测量车	可在地面以上约1.5 m的车顶安装多个天线，定位系统（如GPS）
接收机（标准）	频谱分析仪	与计算机的数据接口（如LAN、IEEE488.2） 信道功率测量模式 检样器 首选功能：r.m.s.检测器
接收机（可选） ⁽¹⁾	FFT宽带接收机/分析仪	最小捕获带宽：10 MHz 与计算机的数据接口（如LAN、IEEE488.2） 信道功率测量模式
天线	2个全向天线 ⁽²⁾	安装在测量车车顶 1个水平极化天线，1个垂直极化天线 天线系数必须已知（校准）
天线开关 ⁽²⁾	计算机可控的RF开关	切换速度： $\geq 40/s$

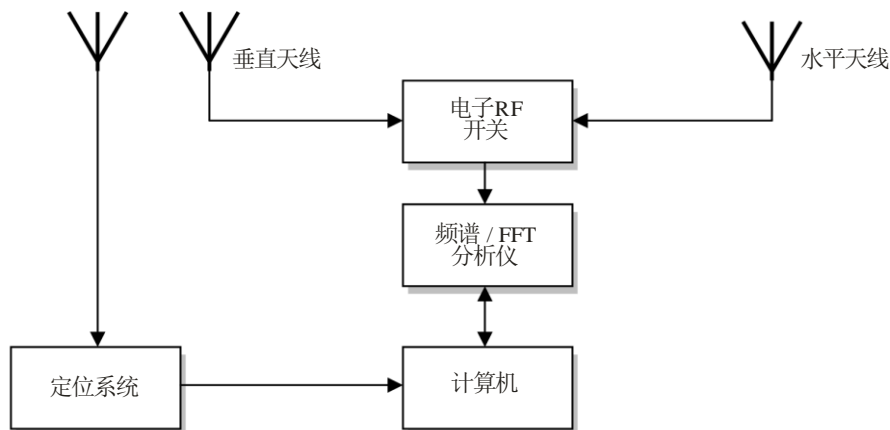
表8（结束）

	设备类型	所需功能, 备注
测量控制	计算机程序	分析仪的自动调整, 定位天线开关, 进行测量, 并在屏幕上显示实时结果 存储从频谱分析仪得到的跟踪数据 存储信道功率测量结果 存储从定位系统得到的数据 在数字地图上实时显示频谱电平的实际标准偏差 σ

- (1) 由于宽带FFT接收机/分析仪立即捕获信号带宽, 因此可实现更快测量, 提供更准确的结果, 在确定接收信道中尤为如此 (第2.24节)。
- (2) 对于仅有一个发射机的网络 (MFN) 或仅使用单极化、一个全向天线的SFN的测量, 无需天线开关。

两种极化的SFN内的测量设置如图9所示。

图9
测量设置 (SFN内的便携式接收)



SM.1875-09

A2.3 测量程序

所有测量均在沿预测覆盖区域边界相当于一个城市或村庄的测量区内的主要道路行驶时进行。

测量每秒钟进行一次 (大致是GPS定位系统提供一个新的/不同坐标的时间)。然后在500 ms的时间内, 提取所接收信号电平的10个样本, 使用测量天线的天线系数转换为场强, 将10个样本的中值与地理坐标一起存储。

测量时, 频谱分析仪设置如下:

- 测量模式: 信道功率
- 信道带宽: 7 MHz或8 MHz

- RBW: 30 kHz 或“自动”（不高于100 kHz）
- 检测器: r.m.s.（如有的话），或样本
- 跟踪模式: ClearWrite
- 扫描时间: 20 ... 25 ms。

如使用宽带接收机或FFT分析仪，则下列设置适用：

- 捕获带宽: ≥ 7 MHz 或 ≥ 8 MHz（信道带宽）
- 捕获时间: 1 ms
- 测量模式: 信道功率。

特别是在城市地区且地面以上仅1.5 m的高度进行移动测量时，接收信道通常为瑞利信道，且接收条件发生快速和显著的变化。尽管连续的移动注册将产生许多测量值，样本的数量可能不足以就覆盖情况得出具有一定置信度的结论。要得到测量区域内场强分布的信息，就必须确定接收信道。且必须在场强测量之后的每个测量周期（即每秒一次）确定接收信道。

记录至少200 ms的平均频谱，来消除DVB调制的影响，确定接收信道。

如使用扫频分析仪来进行测量，需采用下列设置：

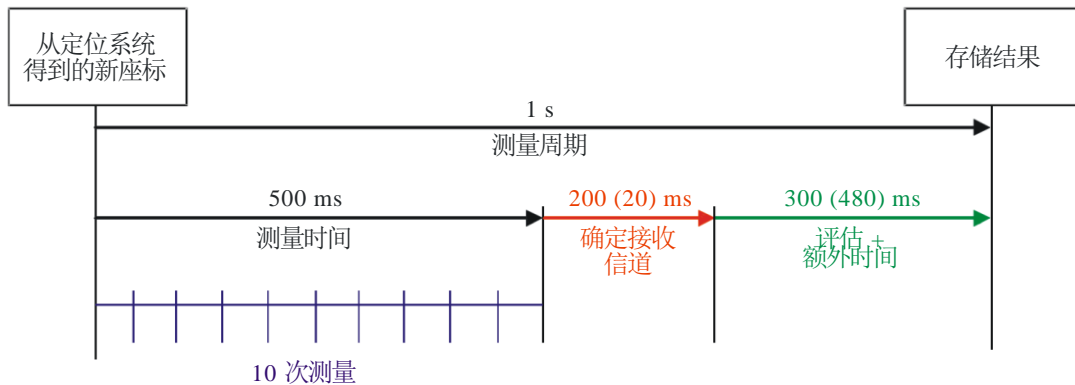
- 频率跨度: 6.5 MHz（7 MHz 信道）或7.6 MHz（8 MHz 信道）
- RBW: ≤ 30 kHz
- 检测器: r.m.s.（首选）或样本（如没有r.m.s.）
- 跟踪模式: ClearWrite（如使用r.m.s.检测器），平均扫描超过20次（如使用检样器）
- 扫描时间: 200 ms（如使用r.m.s.检测器），10 ms（如使用检样器）
- 单位: dB(μ V)或 dBm。

特别是在接收条件快速变化的移动测量中，接收信道的确定必须尽可能接近场强测量。FFT宽带接收机/分析仪可立即记录整个DVB-T/T2频谱，而需要的测量时间却少得多，因此推荐使用，必须采用下列设置：

- 捕获带宽: ≥ 7 MHz 或 ≥ 8 MHz（信道带宽）
- 使用的频率跨度: 6.5 MHz（7 MHz 信道）或7.6 MHz（8 MHz 信道）
- RBW: ≤ 30 kHz
- 捕获时间: 20 ms。

对于每个捕获的频谱，计算谱幅标准偏差 σ_{sp} ，并与信道功率电平和地理坐标一起存储。图10表示一个测量周期的基本时间。

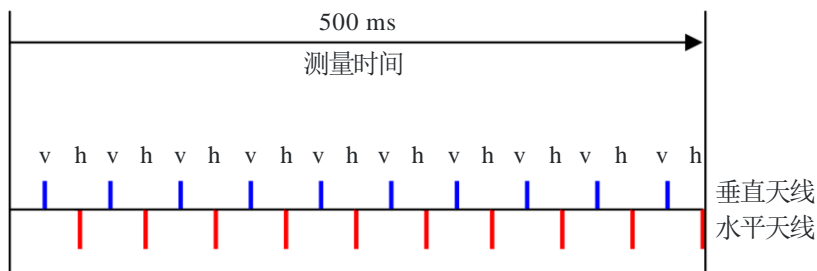
图10
单极化发射机/网络的基本时间
(便携式接收)



SM.1875-10

在混和极化的SFN中，两个极化面必须同时测量。这要求在500 ms的测量时间内提取20个测量样本。每个样本之间，天线从垂直切换到水平。这需要取得同一位置两次极化的中值场强值。图11表示了所需时间（仅对于场强测量）。

图 11
混合极化SFN的测量时间（便携式接收）



SM.1875-11

混合极化的SFN中，两个平面的接收信道也必须分别测量。如此一来，若使用扫频分析仪，则只有100 ms的额外和处理时间，若使用宽带FFT接收机/分析仪，则为460 ms。

从每个极化面的10个样本中分别计算等效场强。在确定接收信道过程中得到的 σ_{sp} -校正应用于两个中值。两个值中较大的值作为结果存储。

A2.4 结果评估

在测量过程中将现有的 σ_{sp} 值显示在数字地图上，就可对测量进行实时评估：若在某个区域， σ_{sp} 的值通常大于3 dB，这表示主导接收信道为瑞利信道。在这种情况下，就需沿主路旁的辅路进行更多测量。图12显示了这种实时显示的示例，其中绿（亮）点表示莱斯信道，红（暗）点为瑞利信道。

图 12

测量过程中接收信道的实时显示



要确定测量区域内是否可能进行便携式接收，就需要比较所有测得的场强值与从相关协议（如GE06协议）中算得的便携式接收的最小中值场强。在根据所需的接收条件对测量结果应用校正值时须谨慎：

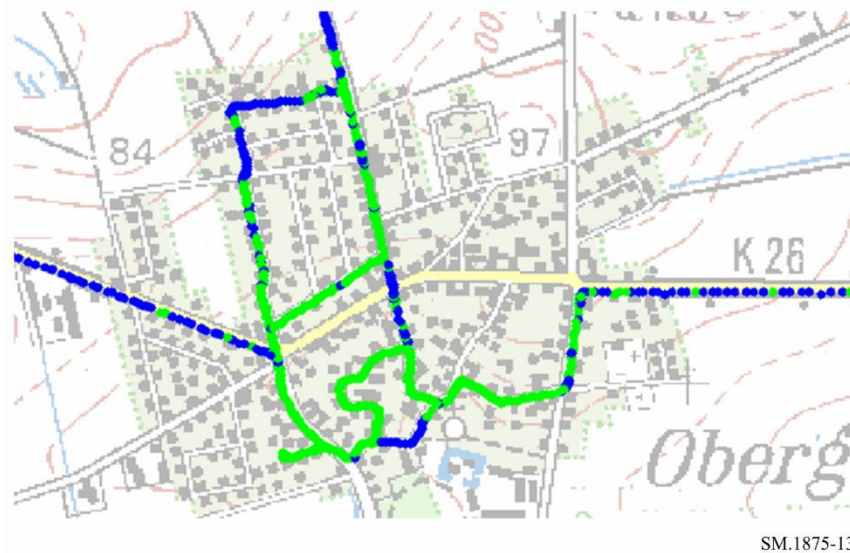
- 对于便携式室外接收，仅应用 σ_{sp} -校正。无需对位置概率应用其他校正，原因是测量是在正确的接收条件下进行的，已提取了足够的样本。位置概率可直接从测量结果中得出（见第A2.5节）。
- 对于便携式室内接收，必须根据附录4对建筑物穿透损耗和不同的位置概率应用额外的校正值。
- 无法从这些移动覆盖测量中计算固定接收。而必须使用第A.1节中所述的测量程序。

A2.5 结果介绍

显示覆盖情况的直接方法是用不同的颜色将上述比较结果绘制在地图上（见图13）：绿（亮）点表示测得的值加额外余量超过便携式室外接收情况下最小中值场强（可能接收），蓝（暗）色表示可能实现便携式室内接收的点。

图 13

测量结果（便携式接收）



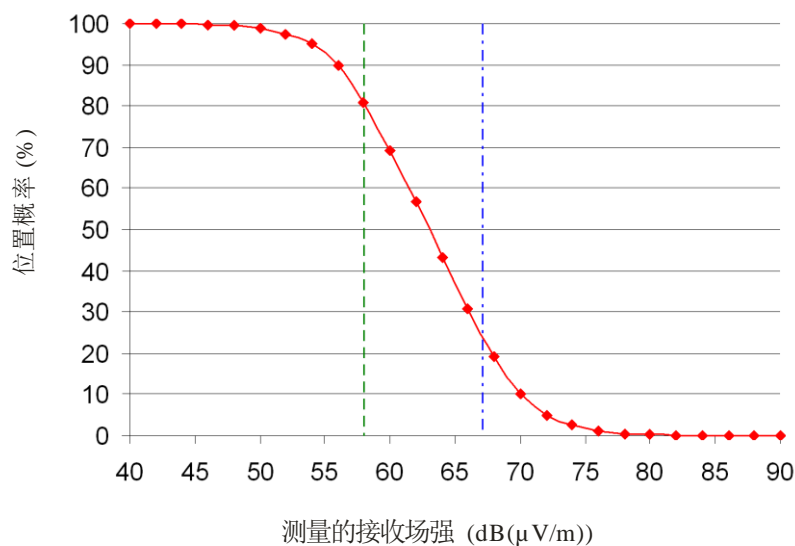
如在测量过程中无法实时显示接收信道，仍可在测量后确定测量区域内的场强分布是否均匀。可将 σ_{sp} -校正的测量结果绘制成图来确定接收信道，如图5所示。如曲线为高斯曲线，且相对较窄，如示例所示，则场强分布足够均匀。若非如此，就必须沿测量区域内更多不同道路进行更多测量。

此处所述方法的缺点是无法实时得出这一结论，可能需要重复测量。但如能立即做出反应，测量过程中接收信道的实时显示已揭示了这一结果。

从 σ_{sp} -校正的测量结果中，可得出有关测量区域内便携式接收概率的结论。绘制超出一定场强经 σ_{sp} -校正的测量值与该场强值的百分比示意图来确定这一概率。示例见图14。

图 14

测量的位置概率（便携式接收）



SM.1875-14

在此示例中，算得的便携式室外接收的最小中值场强为58 dB($\mu\text{V}/\text{m}$)（绿色虚线），便携式室内接收为67 dB($\mu\text{V}/\text{m}$)（蓝色点线）。测量结果显示在测量区域内至少80%的位置可能实现便携式室外接收，而在至少25%可实现便携式室内接收。

附录3

确定DVB-T/T2发射机和网络覆盖边界的简化方法

A3.1 引言

本附录中所述的方法定义了基于从发射机在选定方向上的场强测量来定义用于固定接收的DVB-T/T2台站的覆盖区域的过程。与附录1中所述方法相比，该方法需要的测量更少，因此可以被视为简化方法，特别是在以下条件下：

- DVB-T/T2网络是MFN。
- 预测的覆盖区域的先验知识可用。
- 发射机有全向天线。
- 覆盖区域的地形相对平坦（没有带来大阴影区域的丘陵）。

特别是当来自覆盖预测的数据可用时，需要依赖于少量的测量工作量具有优势。然而，原则上，该方法也适用于没有先验信息的规划的覆盖区域。

A3.2 测得的信号参数

在确定地面数字广播标准DVB-T/T2的发射站在接收位置的固定接收的服务区域时，对以下信号参数进行测量：

- 电磁场强度；
- 光谱振幅 σ_{sp} DVB-T/T2信号的标准偏差。

A3.3 设备要求

使用移动或便携式测量系统进行测量，该系统包括以下设备：

- 天线杆，高度10 m；
- 天线三脚架，高度1.5 m或以上；
- 定向接收天线；
- 校准天线电缆；
- 测量接收机/分析仪；
- 导航接收机；
- 计算机。

设备特性见表9。

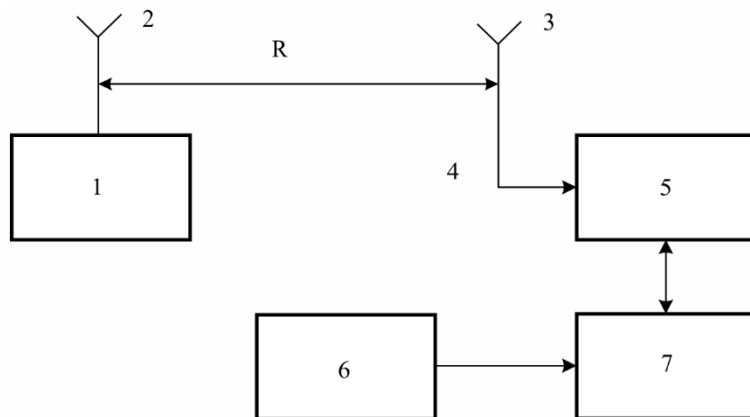
表9
设备特性

设备	特性
测量装置	频谱分析能力。 信道功率测量。 “回声模式”功能。 与计算机的数据接口。
定向接收天线	极化：线性[2]。 天线增益，至少*) [3]: 200 MHz: 7 dBd; 500 MHz: 10 dBd; 800 MHz: 12 dBd。
校准天线电缆	最大馈线损耗*): 200 MHz: 2 dB; 500 MHz: 3 dB; 800 MHz: 5 dB。

*) 这些值取自ITU-R BT.1368建议书，反映了规划工具假定的值。

设备连接图如图15所示。

图15
设备连接图



SM.1875-15

- 1 – DVB-T/T2发射机；2 – 发射天线；
- 3 – 定向接收天线；4 – 校准天线电缆；
- 5 – 测量接收机；6 – 导航接收机；7 – 计算机。

A3.4 测量规划

最初，无线电波传播模型用于确定所选DVB-T/T2台站的覆盖边界（例如，ITU-R P.1546建议书或ITU-R P.1812建议书）。

然后，考虑到道路和高速公路的存在，选择从DVB-T/DVB-T2台站开始的若干径向进行测量。在数字地图上绘制测得的覆盖区域边界曲线时，径向数至少应为4。

对于每个径向方向，都定义了小区域的位置（大约100 m × 100 m的区域）。

第一个小区域的位置应满足以下要求：

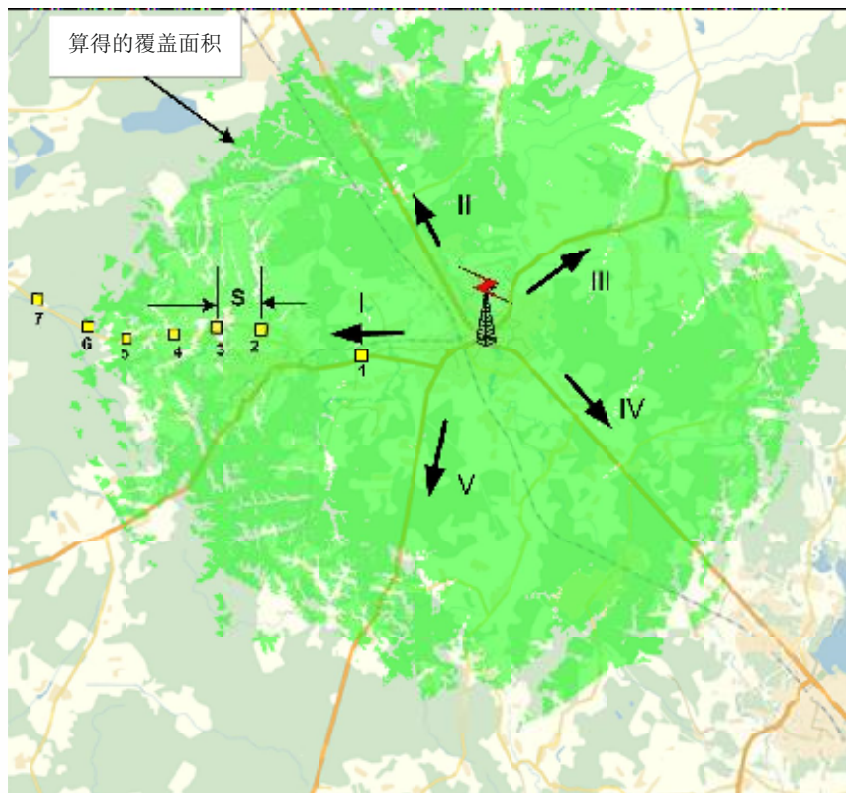
- 小区域应在DVB-T/T2台站的视线范围内；
- 小区域应在发射天线的主垂直波瓣内。

其他较小的区域更接近计算的覆盖边界与近似相等的距离 S 。建议选择定居点内或附近的小区域。如果定居点既位于山顶又位于低地，则也应在山顶和低地进行测量。

小区域的数量应至少为7（图16）。较少的小区域会降低覆盖边界确定的准确性。

如有必要，可通过卫星图像（例如Google Earth）或其初步访问来确认小区域的位置。在每个小区域中，至少规划3个测量点（ $N \geq 3$ ）。一个测量点应位于小区域的中心。

图16
测量规划示例



A3.5 测量程序

在每个接收位置，应测量以下参数：

- 电场强度；
- DVB-T/T2信号谱幅的标准偏差 σ_{sp}

在农村地区，接收天线的安装高度为10 m。如果不可能在发射机方向上没有障碍物的情况下找到测量位置，例如在许多屋顶高度超过10 m的城市地区，则在将接收天线安装在三脚架上的建筑物的屋顶上进行测量。

天线指向最大接收场强的方向。如果从相关DVB-T/T2台站的方向接收到该最大值，并且不存在来自电气或电子设备的外部干扰，则认为测量位置合适。

如果满足以下条件，则可以假定没有外部干扰：

- 频谱中不存在高于有用DVB-T/T2信号电平的窄带或连续波载波。
- 有用与邻近的DVB-T/T2信道（频谱上的“间隔”）之间的噪音电平，较接收机噪音电平（在天线断开的情况下测量）高出不足3 dB。

在其他情况下，应在小区域内使用替代测量位置。

使用测量接收机（模式“频谱分析仪”）的以下设置进行测量：

- 中心频率（FREQ）：等于电视频道的标称中心频率；
- 信道带宽（跨度）：8至10 MHz；
- 分辨率带宽（RBW）：30 kHz；
- 视频滤波器带宽（VBW）：100至300 kHz（ $VBW \geq 3 RBW$ ）；
- 扫描时间：2秒；
- 检测器：RMS；
- 跟踪模式：清除/写入。

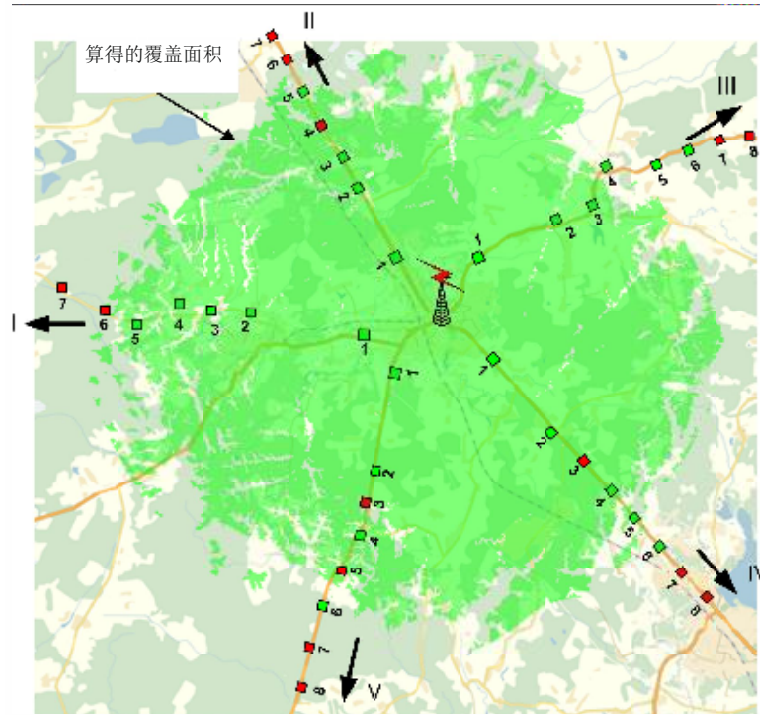
在至少1 min的测量时间内，应进行30次场强测量和30次谱幅标准偏差 σ_{sp} 。根据附录5计算 σ_{sp} 值。因此，包括 σ_{sp} -校正在内的30个场强测量值用于定义每个接收位置的场强中值（随时间变化）（ E_{med}^{loc} ）。

每次测量场强时都会计算 σ_{sp} 值。这样做是为了消除可能影响信号频谱形状的快速衰落。

如果所得的场强（ E_{med}^{loc} ）低于所需的最小场强，则必须在小区域内的其他规划位置进行测量。对于每个小区域，计算中值场强 $E_{med}^{small_area}$ 。

如果 $E_{med}^{small_area}$ 的值超过最小中值等效场强 E_{med} 的要求值，则认为一个小区域“被覆盖”。在这种情况下，小区域用绿色标记，否则用红色标记。通常，如果两个或三个相邻的小区域满足条件 $E_{med}^{small_area} < E_{med}$ ，则可以认为该径向方向的测量已完成（图17）。

图17
小区域的测量结果示例



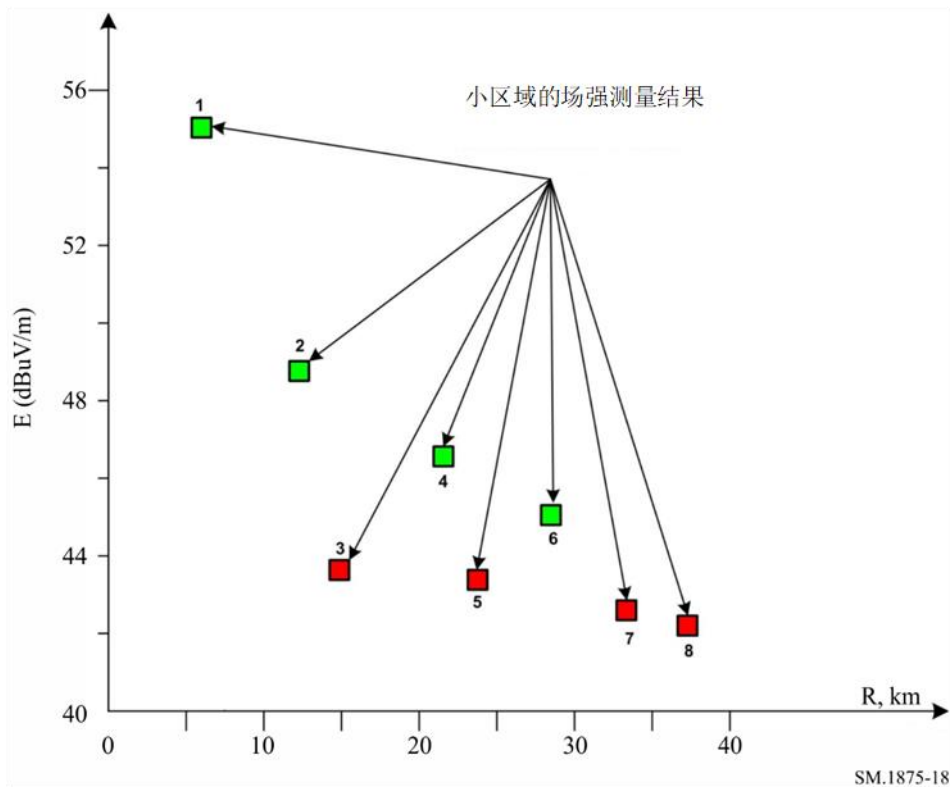
SM.1875-17

A3.6 测量结果的处理

对于每个径向方向，执行以下步骤：

- 径向的最终方位角定义为该方向上小区域方位角的平均算术值；
- 如图18所示，将小区域内的中值场强值绘制在一张图中，并与发射机 $E_{\text{small_area med}}(\mathbf{R})$ 的距离进行比较。

图18
单径向测量结果示例



1) 将获得的场强值近似的曲线定义为:

$$E(d_i) = E(d_1) - 10 \cdot n \cdot \log_{10}(d_i / d_1), \quad (1)$$

其中, $E(d_1)$ 和 $E(d_i)$ 是在距离 d_1 和 d_i 处的场强值(单位为dBuV/m)。

上式中的 n 值是根据最小二乘近似误差(LSA)方法确定的:

$$n = \frac{\sum_i [E(d_1) - E(d_i)] \times 10 \lg \frac{d_i}{d_1}}{\sum_i \left[10 \lg \frac{d_i}{d_1} \right]^2} \quad (2)$$

对于自由空间, n 的值等于2。在存在障碍物的情况下, n 的值会增加, 通常范围为2到5。

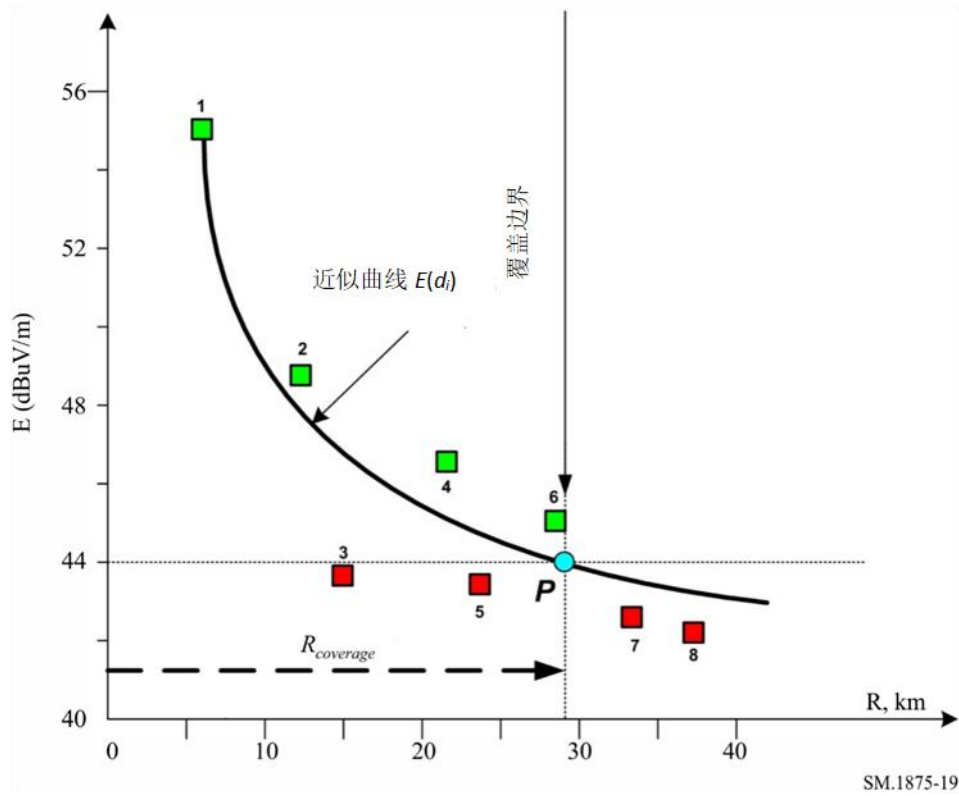
2) 与最小中场强度相对应的水平线与近似曲线的交点确定了该方向上覆盖边界的估计位置(见图19):

$$R_{Coverage} = d_1 \times 10^{\frac{E(d_1) - E_{med}}{10n}} \quad (4)$$

3) 对已测量的所有其他径向执行步骤1至4。

图19

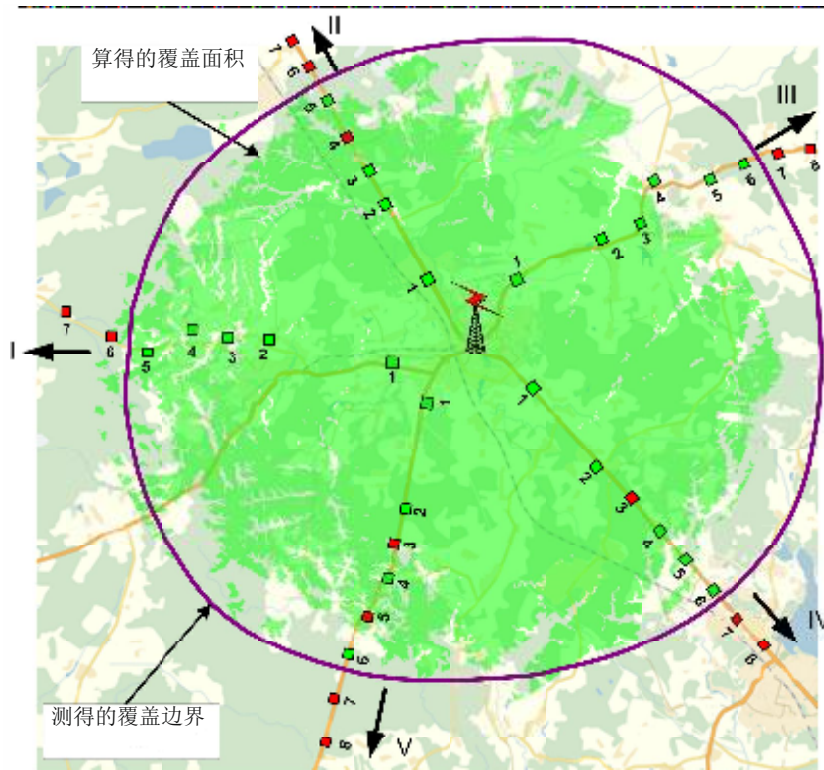
单径向测量结果处理示例



最后，上面确定的覆盖边界的径向点通过一条平滑曲线相互连接，该曲线遵循所计算的覆盖边界的形状。测得的覆盖边界线绘制在地图上（见图20）。如在图20的示例中，在所有方向上测得的覆盖边界可能与计算出的覆盖边界不一致。

图20

测量的覆盖边界的示例显示



SM.1875-20

A3.7 SFN中的测量

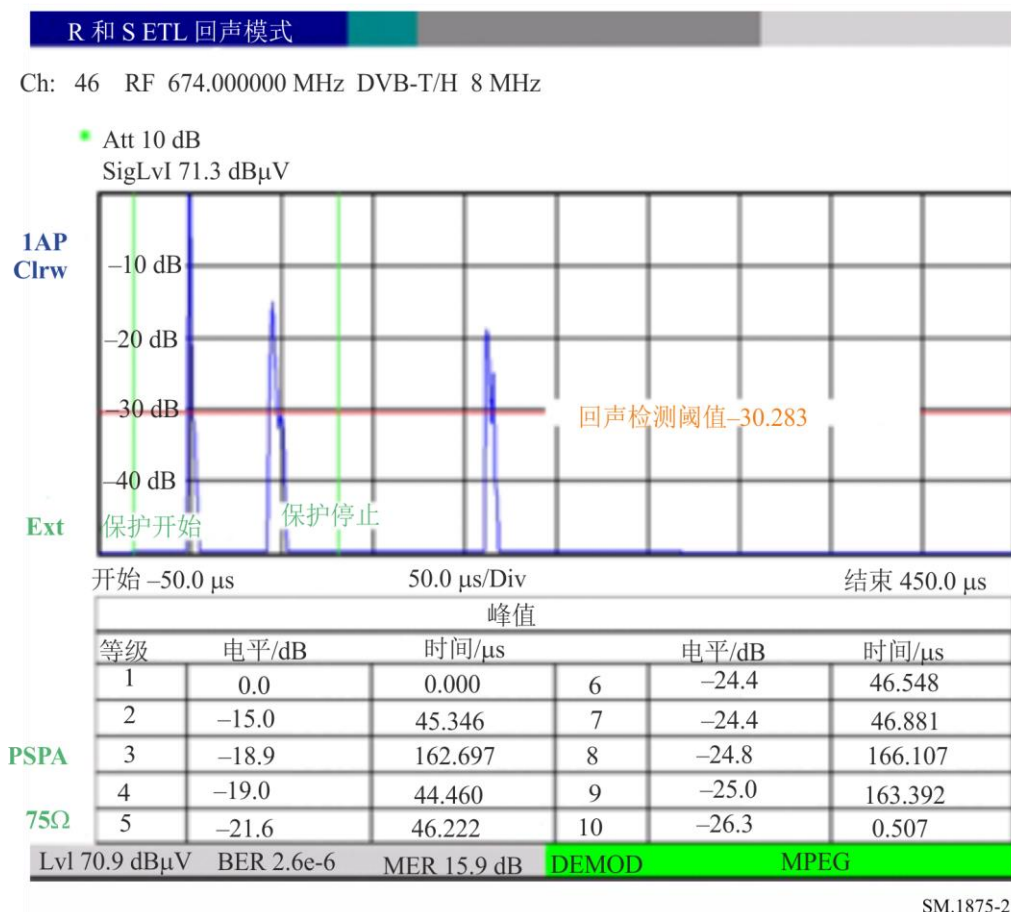
在SFN中，覆盖边界定义为构成该单频网络的所有DVB-T/T2台站的边界的总和。

为了使本附录中所述的方法适用于SFN，必须单独测量每个SFN发射机的边界。

为了使每个测量位置可靠，被测台站的信号电平应比同一SFN的其他台站的信号电平高10 dB以上。这可以通过使用如图21所示的回声模式测量来验证。在显示的示例中，来自其他发射机的回声被抑制15和18 dB，这被认为足以使测量位置合适。

图21

来自测量接收机显示屏的屏幕截图（“回声模式”功能）



如有必要，可使用方向图较窄的天线。

附录4

在指定区域用于固定接收测量DVB-T/T2服务覆盖范围的方法

A4.1 引言

本附录中描述的方法定义了DVB-T/T2发射机或网络的DVB-T/T2覆盖区域测量的过程，以验证是否符合规划过程中使用的覆盖预测，或评估在报告干扰的位置处的接收条件。在这种情况下，该方法提供了一种工具来确定服务区域，因为服务质量参数也会被测量。

A4.2 设备要求

使用移动式或可运输的测量系统进行测量，该系统包括以下设备：

- 天线杆，高度10 m；
- 天线三脚架，高度1.5 m或以上；

- 定向接收天线；
- 校准天线电缆；
- 测量接收机/分析仪；
- 导航接收机；
- 计算机。

设备特性见表10。

表10
设备特性

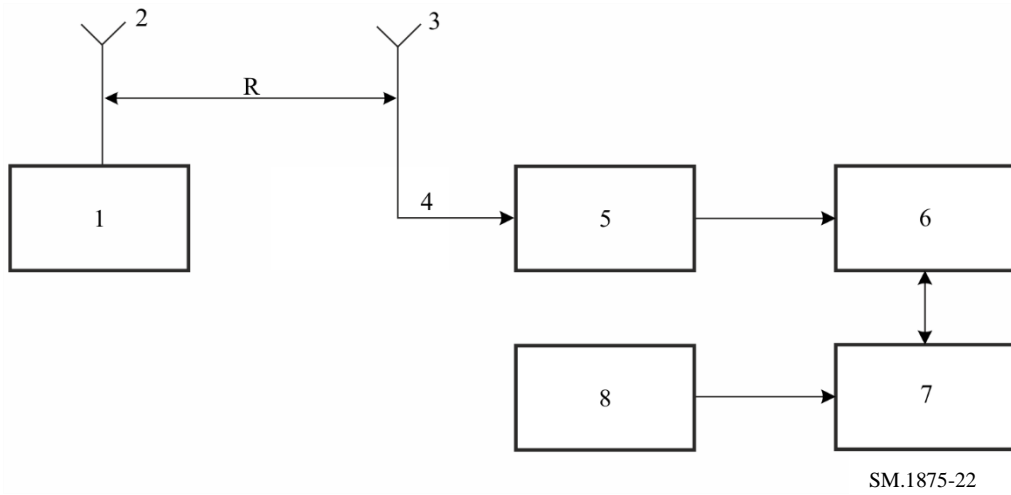
设备	特性
测量接收机	频谱分析功能。 信道功率测量。 DVB-T的VBER测量。 DVB-T2的LBER测量。 “回声模式”功能。 与计算机的数据接口。
低噪声放大器	最小频率范围174-862 MHz 适用于提供不超过6-7 dB的总噪声系数的放大和噪声系数
定向接收天线	极化：垂直或水平，取决于发射机 天线增益，至少*): 200 MHz: 7 dBd; 500 MHz: 10 dBd; 800 MHz: 12 dBd。
校准天线电缆	馈线损耗*): 200 MHz: 2 dB; 500 MHz: 3 dB; 800 MHz: 5 dB。

*)这些值取自ITU-R BT.1368建议书，反映了规划工具假定的值。

注 - 当测量接收机的噪声系数高于参考接收机的噪声系数（根据ITU-R BT.2036-2建议书为6至7 dB）时，应使用低噪声放大器。

设备连接图如图22所示。

图22
设备连接图



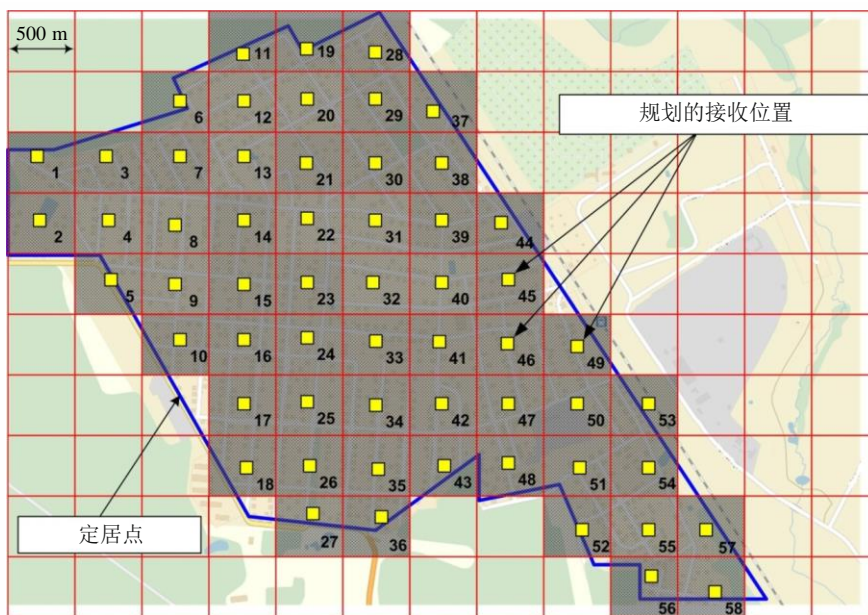
1 – DVB-T/DVB-T2发射机；2 – 发射天线；3 – 定向接收天线；
4 – 校准天线电缆；5 – 低噪声放大器；6 – 测量接收机；7 – 计算机。8 – 导航接收机。

A4.3 测量规划

将长度为500 m的正方形网格（“单元”）放置在测试区域上方（所谓的“测试网格”），并将其绘制在地图上。

测试网格应完全覆盖测试区域。测量点或接收位置的标记如图23所示。测试网格的不同单元格中接收位置的数量可能会有所不同。

图23
测试网格绘制示例



SM.1875-23

如有必要，可通过卫星图像（如Google Earth）放置测量设备的可能性或在开始测量之前访问这些点来验证测量位置。

A4.4 测量程序

应在每个测量位置测量以下信号参数：

- 电磁场强度；
- 谱幅 σ_{sp} DVB-T/T2信号的标准偏差；
- 用于DVB-T Viterbi解码器VBER之后的比特误码率或用于DVB-T2的LBER解码器LDPC之后的比特误码率。

在农村地区，接收天线的安装高度为10 m。如果不可能在发射机方向上没有障碍物的情况下找到测量位置，例如在许多屋顶高度超过10 m的城市地区，则在将接收天线安装在三脚架上的建筑物的屋顶上进行测量。

天线指向最大接收场强的方向。如果从相关DVB-T/T2台站的方向接收到该最大值，并且不存在来自电气或电子设备的外部干扰，则认为测量位置合适。

如果满足以下条件，则可假定无外部干扰：

- 频谱中不存在高于有用DVB-T/T2信号电平的窄带或连续波载波。
- 有用与邻近的DVB-T/T2信道（频谱上的“间隔”）之间的噪声电平，较接收机噪声电平（在天线断开的情况下测量）高出不足3 dB。

在其他情况下，应使用单元区域内的替代测量位置。

使用测量接收机（模式“频谱分析仪”）的以下设置进行测量：

- 中心频率（FREQ）：等于电视频道的标称中心频率；
- 信道带宽（跨度）：8至10 MHz；
- 分辨率带宽（RBW）：30 kHz；
- 视频滤波器带宽（VBW）：100至300 kHz（ $VBW \geq 3 RBW$ ）；
- 扫描时间：2 s；
- 检测器：RMS；
- 跟踪模式：清除/写入。

在至少1 min的测量时间内，应进行30次场强测量和30次谱幅 σ_{sp} 标准偏差。 σ_{sp} 的值是根据附录5计算得出的。因此，30次场强测量（包括 σ_{sp} -校正）用于定义每个接收位置的中值（随时间变化）场强（ E_{med}^{loc} ）。

每次测量场强时都会计算 σ_{sp} 值。这样做是为了消除可能影响信号频谱形状的快速衰落。

如果所得的场强（ E_{med}^{loc} ）低于所需的最小场强，则必须在单元格区域内最多进行4个附加位置的测量。对于每个单元，计算中值场强 E_{med}^{cell} 。

A4.5 测量处理

成功接收到DVB-T/T2信号是可能的，如果满足以下条件，则单元被视为“被覆盖”：

- $E_{med}^{loc} \geq E_{med}$
- DVB-T的VBER^{loc} $\leq 2 \times 10^{-4}$ 或DVB-T2的LBER^{loc} $\leq 10^{-7}$
- 在VBER/LBER测量过程中，至少60 s没有中断。

如果该单元内的大多数测量点满足上述条件，则该单元标记为绿色。否则单元将标记为红色。

A4.6 测量结果显示

测量结果绘制在图24上的地图上。测试区域中被覆盖单元的百分比计算如下：

$$P(\%) = (m/n) \times 100\%, \quad (5)$$

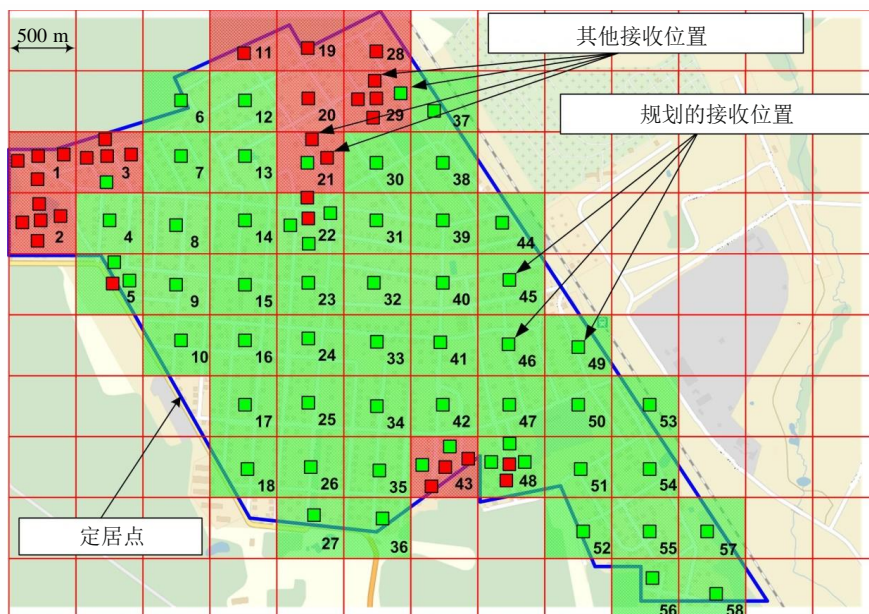
其中：

m : 信号参数满足覆盖标准的单元数

n : 测试区域内的单元总数。

对于图24中的示例： $P(\%) = (48/58) \times 100\% = 82.8\%$ 。

图24
测量结果显示示例



附录5

测量结果的所需修正

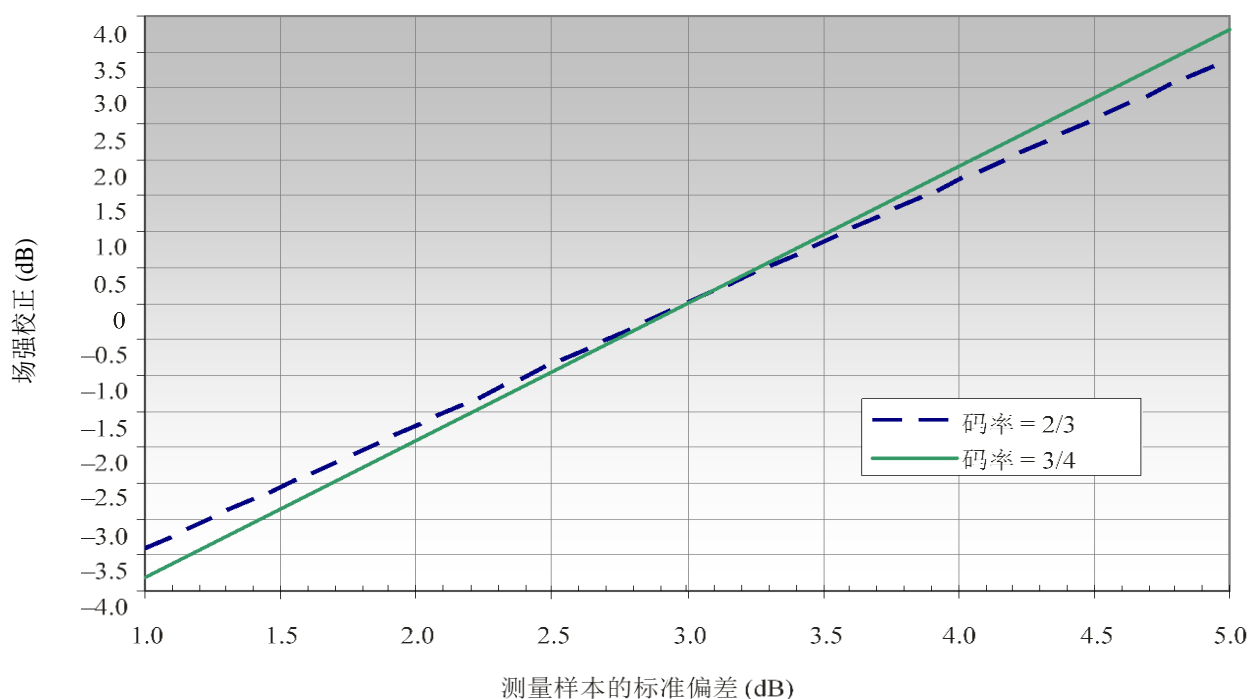
A5.1 接收信道校正 (σ_{sp} 校正)

在GE06协议中列出最小信噪比 (C/N) 的表格假定莱斯接收信道的谱幅标准偏差 σ_{sp} 为 1 dB，或瑞利信道的标准偏差为 3 dB。但实际的测量结果显示标准偏差并非 1 或 3 dB。在这些情况下，在与 GE06 协议相关表格进行比较之前，必须根据下列公式从测得的场强值的中值中减去一个校正值：

$$C_{\sigma} = \frac{C/N_{Rayleigh} - C/N_{Gauss}}{2} * (\sigma_{sp} - 3)$$

图25表示了所得到的8k-DVB-T系统的校正，码率为2/3和3/4。

图 25
因非标准接收信道而进行的校正



SM.1875-25

A5.2 位置概率校正

位置概率校正值 C_1 (50%的情况除外) 假定接收信号样本呈对数正态分布。

$$C_1 = \mu * \sigma \quad \text{dB}$$

其中：

μ = 分布系数

σ = 测量样本的标准偏差。

对于诸如DVB-T的宽带信号，GE06协议规定较大区域内的标准偏差 σ_1 为5.5 dB。有了这个假设，可根据表11中的值计算不同位置概率的校正值。

表11
不同位置概率的校正值

所需位置概率 (%)	μ	C_1 (dB)
50	0	0
70	0.52	2.9
95	1.64	9
99	2.33	12.8

对于室内覆盖评估，必须从室外测量值中减去建筑物衰减。但这一建筑物衰减同样存在一个标准偏差 σ_2 ，必须与宽带信号的标准偏差 σ_1 相加，如下所示：

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

对于DVB-T室内接收，采用ITU-R P.1812-2建议书的示例，该示例规定了以下建筑物衰减和 σ_2 的值：

表12
DVB-T室内覆盖的标准偏差和建筑物衰减

频率范围 (MHz)	建筑物衰减 (dB)	σ_2 (dB)
VHF	9	3
UHF	11	6

注 – 数值基于ITU-R P.1812-2建议书。

A5.3 室内覆盖的总校正量

评估室内覆盖时特定固定位置测得的场强值增加的总校正量是位置概率校正值 C_1 、宽带信号测量的标准偏差 σ_1 、建筑物衰减及其标准偏差 σ_2 之和。

表13

固定点测量DVB-T室内覆盖的总校正量

频率范围 (MHz)	所需位置概率 (%)	μ	σ_1 (dB)	σ_2 (dB)	σ (dB)	C_1 (dB)	建筑物衰减 (dB)	总校正量 (dB)
VHF	70	0.52	5.5	3	6.3	3.3	9	12.3
	95	1.64				10.3		19.3
	99	2.33				14.7		23.7
UHF	70	0.52	5.5	6	8.1	4.2	11	15.2
	95	1.64				13.3		24.3
	99	2.33				18.9		29.9

注 – 数值基于ITU-R P.1812-2建议书。

如按照建议进行移动测量，宽带信号的标准偏差 σ_1 不适用，原因如下：

- 测量实际上是在要评估接收的地方进行的；
- 测量方法提供了如此多的样本，计算得出的所有测量样本的中值已代表了测量区域内的实际中值场强。

表14概述了将对这些测量值应用的总校正量。

表14

移动测量的DVB-T室内覆盖的总校正量

频率范围 (MHz)	所需位置概率 (%)	μ	σ (dB)	C_1 (dB)	建筑物衰减 (dB)	总校正量 (dB)
VHF	70	0.52	3	1.6	9	10.6
	95	1.64		4.9		13.9
	99	2.33		7.0		16.0
UHF	70	0.52	5.5	2.9	8	10.9
	95	1.64		9.0		17.0
	99	2.33		12.8		20.8

规划使用的最小等效场强值是针对10 m的接收天线高度给出的。为了将测量值与规划值进行比较，必须进行高度校正，根据GE06协议的第2.1.9节进行计算。